

УДК 544.016

DOI: 10.17072/2223-1838-2017-2-126-136

О.С. Кудряшова¹, А.Е. Леснов^{2,3}, Е.Ю. Чухланцева³, К.А. Бортник⁴, С.А. Денисова⁴

¹ Естественнаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, Россия

² Пермская государственная сельскохозяйственная академия, Пермь, Россия

³ Институт технической химии УрО РАН, Пермь, Россия

⁴ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМАХ

ВОДА – КАТАМИН АБ – НИТРАТ ИЛИ/И ХЛОРИД КАЛЬЦИЯ

Изучены фазовые равновесия в водных расслаивающихся системах, содержащих промышленно выпускаемое катионогенное ПАВ – катамин АБ и неорганический высаливатель – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ или/и CaCl_2 . Обсуждено влияние природы аниона на расслаивание водного раствора ПАВ.

Ключевые слова: фазовые равновесия; катамин АБ; водные расслаивающиеся системы

O.S. Kudryashova¹, A.E. Lesnov^{2,3}, E.Yu Chukhlantseva³, K.A. Bortnik⁴, S.A. Denisova⁴

¹ Natural Sciences Institute of Perm State University, Perm, Russia

² Perm State Agricultural Academy, Perm, Russia

³ Institute of Technical Chemistry, Perm, Russia

⁴ Perm State University, Perm, Russia

PHASE EQUILIBRIA IN WATER – KATAMIN AB – CALCIUM NITRATE OR/AND CHLORIDE SYSTEMS

The phase equilibrium in stratified water systems containing a commercially available cationic surfactant – catamine AB and inorganic salting-out agent – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ or/and CaCl_2 was studied. The influence of the anion nature on the surfactant aqueous solution stratification was discussed.

Keywords: phase equilibrium; catamine AB; water stratified system

Известно, что при добавлении к водным растворам многих промышленно выпускаемых поверхностно-активных веществ (ПАВ) неорганических солей или кислот происходит их расслоение на две жидкие фазы, одна из которых обогащается органическим веществом, а вторая – высаливателем, что позволяет использовать эти системы для жидкостной экстракции [1]. Отличительной чертой этих систем является значительная концентрация воды в обеих фазах, что коренным образом отличает их от традиционных экстракционных систем на основе несмешивающихся с водой органических растворителей. Из анионогенных ПАВ этой способностью обладают алкилсульфаты, в частности додецилсульфат [2], алкилсульфонаты [3], алкилбензолсульфокислота [4] и оксифос Б [5]; из неионогенных – синтанолы [6] и синтаמיד-5 [7]; из катионогенных ПАВ – катамин АБ [8], некоторые соли алкилпиридиния [9]. В некоторых случаях используют смеси анионогенных и катионогенных ПАВ [10].

Отметим, что площадь и расположение области расслаивания на изотермах растворимости систем вода – ПАВ – высаливатель зависит от высаливающей способности соли. Представляло интерес на примере двухзарядных катионов кальция изучить процессы расслаивания в зависимости от природы анионов высаливателя, отличающихся по энергиям гидратации ($\Delta G_{\text{гидр}}$, кДж/моль): Cl^- – -329; NO_3^- – -295 [11].

Объекты и методы

Катамин АБ (алкилдиметилбензиламмоний хлорид, $[\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5]\text{Cl}$, где $n = 10-18$) выпускается промышленностью в виде водного раствора (ТУ 9392-003-48482528-99). Содержание основного вещества колеблется в пре-

делах 49–51 %; солей и третичных аминов не более 1,7 %, относится к 3-му классу опасности ($\text{LD}_{50} = 525$ мг/кг). По химическому строению катамин АБ – четвертичное аммониевое основание. Соединения этого класса широко используются в экстракции ацидокомплексов металлов [12]. Область диаграмм растворимости, лежащая ниже 50 % изоконцентраты катамина АБ, не исследована, так как в работе использован технический 50 %-ный водный раствор ПАВ, который соответствует вершине ПАВ в треугольнике состава.

Используемые в работе хлорид и нитрат кальция имели квалификацию «хч».

Растворимость в системах H_2O – катамин АБ – соль кальция изучена изотермическим методом сечений при 25°C [13]. В качестве физического свойства измеряли показатель преломления жидкой фазы на рефрактометре ИРФ-454Б при 25°C. Границы фазовых переходов определены по изломам на кривой зависимости показателя преломления от концентрации соли. Значения растворимости солей в воде взяты из справочника [14]. Фактически изученные системы являются условно трехкомпонентными, поскольку катамин АБ представляет собой смесь гомологов.

Система H_2O – катамин АБ – CaCl_2

Исследовано 5 сечений треугольника состава системы, исходящих из вершины CaCl_2 в точки с соотношениями катамин АБ : H_2O (мас.%) 5:95 (1), 10:90 (2), 20:80 (3), 40:60 (4), 60:40 (5), 80:20 (6) соответственно. Для каждого сечения построены функциональные кривые зависимости показателя преломления жидкой фазы от концентрации соли (рис. 1). Точки изломов на кривых соответствуют фазовым переходам от гомогенного состояния к расслаиванию и от расслаивания к монотектике.

На диаграмме растворимости установлены следующие фазовые области: гомогенная – L, расслаивания – L_1+L_2 , монотектического равновесия – L_1+L_2+S и кристаллизации гексагидрата хлорида кальция – L+S (рис. 2). Область расслаивания занимает 27,4 % площади треугольника

состава. Расслаивание исчезает при концентрации CaCl_2 менее 18 мас.%. В области расслаивания построены ноды и по правилу Алексева определено положение критической точки. Ноды расходятся в сторону двойной системы $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$.

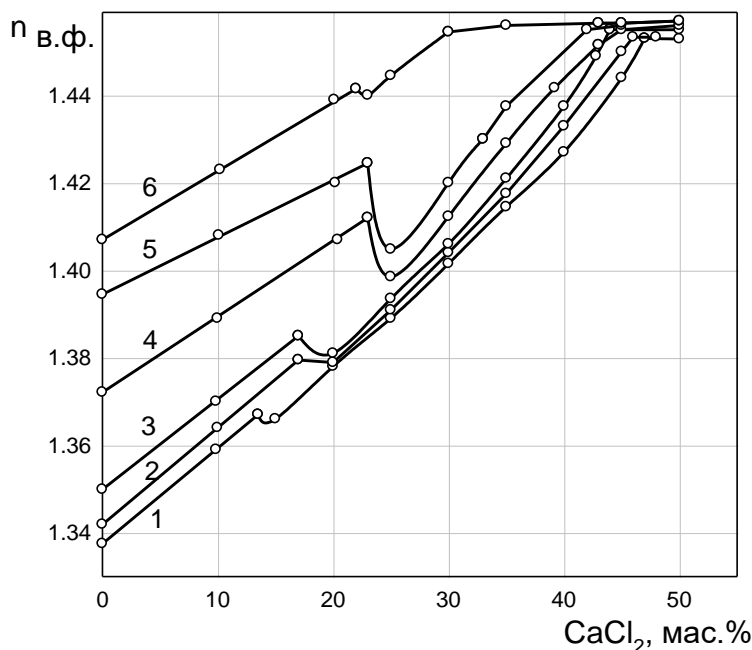


Рис. 1. Функциональные кривые сечений системы $\text{H}_2\text{O} - \text{катамин АБ} - \text{CaCl}_2$ (обозначения в тексте)

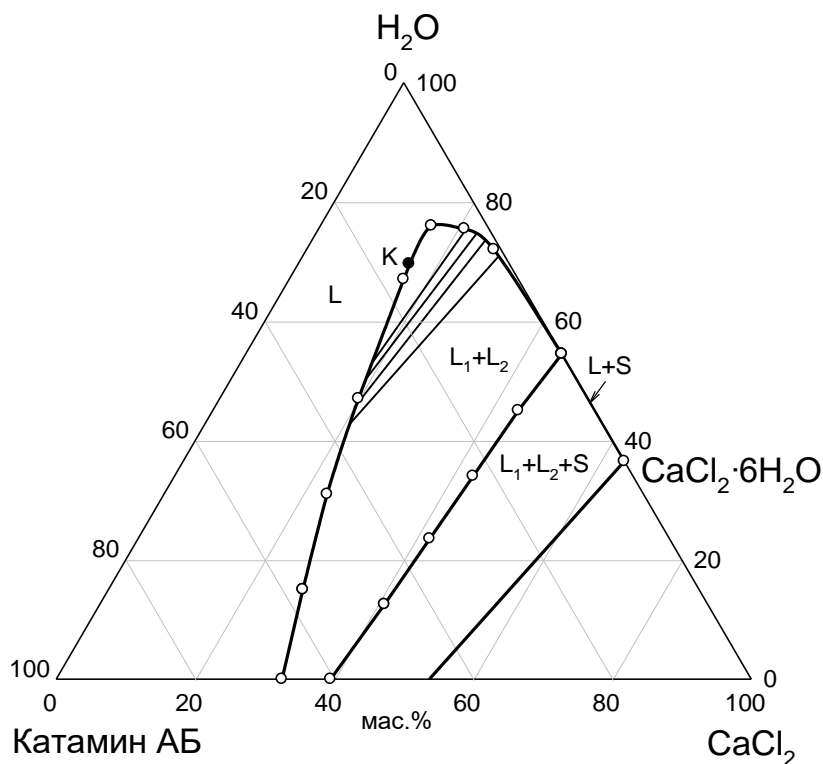


Рис. 2. Диаграмма растворимости системы $\text{H}_2\text{O} - \text{катамин АБ} - \text{CaCl}_2$ при 25°C

Состав точек, лежащих на бинадальной кривой и предельной ноде, представлен в табл. 1. Состав равновесных жидких фаз, соответствующих нодам области расслаивания, приведен в табл. 2.

Единая кривая соответствия свидетельствует об установлении в системе обратимого равновесия (рис. 3).

Таблица 1

Растворимость в системе H_2O – катамин АБ – $CaCl_2$ при $25^\circ C$

Концентрация компонентов, мас. %					
Бинадальная кривая			Предельная нода		
$CaCl_2$	Катамин АБ	H_2O	$CaCl_2$	Катамин АБ	H_2O
45,4	0,1	54,5	45,5	0,0	54,5
27,0	1,0	72,0	44,0	11,0	45,0
21,0	3,5	75,5	43,0	23,0	34,0
16,0	8,0	76,0	42,0	34,5	23,5
16,5	16,5	67,0	41,0	46,5	12,5
20,0	33,0	47,0	39,5	60,5	0,0
23,5	45,5	31,0	–	–	–
28,0	57,0	15,0	–	–	–
32,5	67,5	0,0	–	–	–
16,0	14,4	69,6*	–	–	–

* критическая точка

Таблица 2

Состав равновесных жидких фаз системы H_2O – катамин АБ – $CaCl_2$ при $25^\circ C$

Концентрация компонентов, мас. %					
Водная фаза			Фаза ПАВ		
$CaCl_2$	Катамин АБ	H_2O	$CaCl_2$	Катамин АБ	H_2O
21,1	3,3	75,6	18,6	27,2	54,2
23,1	2,2	74,7	18,8	30,6	50,6
24,8	1,7	73,5	19,7	34,4	45,9
27,8	1,0	71,2	21,0	36,1	42,9

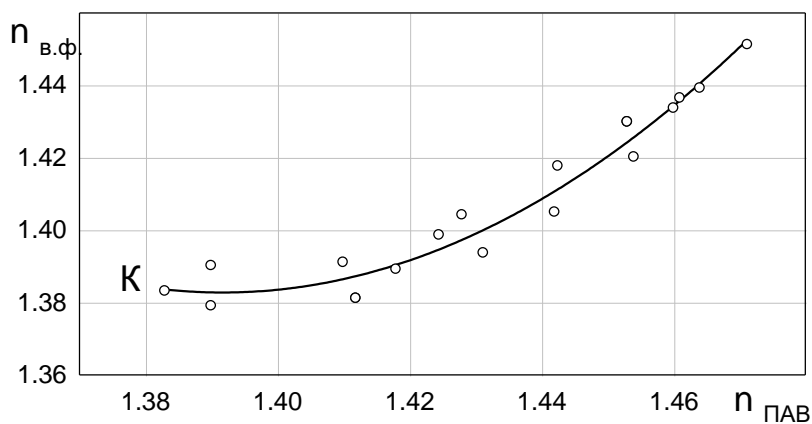


Рис. 3. Кривая соответствия системы H_2O – катамин АБ – $CaCl_2$, построенная по значениям показателя преломления водных и органических фаз

Система H_2O – катамин АБ – $Ca(NO_3)_2$

В системе изучено 5 сечений треугольника состава, исходящих из вершины $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ в точки с соотношениями катамин АБ : H_2O (мас.%) 2,5:97,5, 5:95, 15:85, 30:70, 60:40 соответственно. На основании функциональных кривых зависимости показателя преломления жидкой фазы от содержания соли установлены концентрационные границы фазовых областей. То-

пология диаграммы растворимости аналогична предыдущей системе, но область расслаивания занимает большую часть треугольника состава – 64,5 % (рис. 4, табл. 3). При температуре исследования нитрат кальция кристаллизуется в виде тетрагидрата. Состав равновесных жидких фаз, соответствующих нодам области расслаивания, представлен в табл. 4.

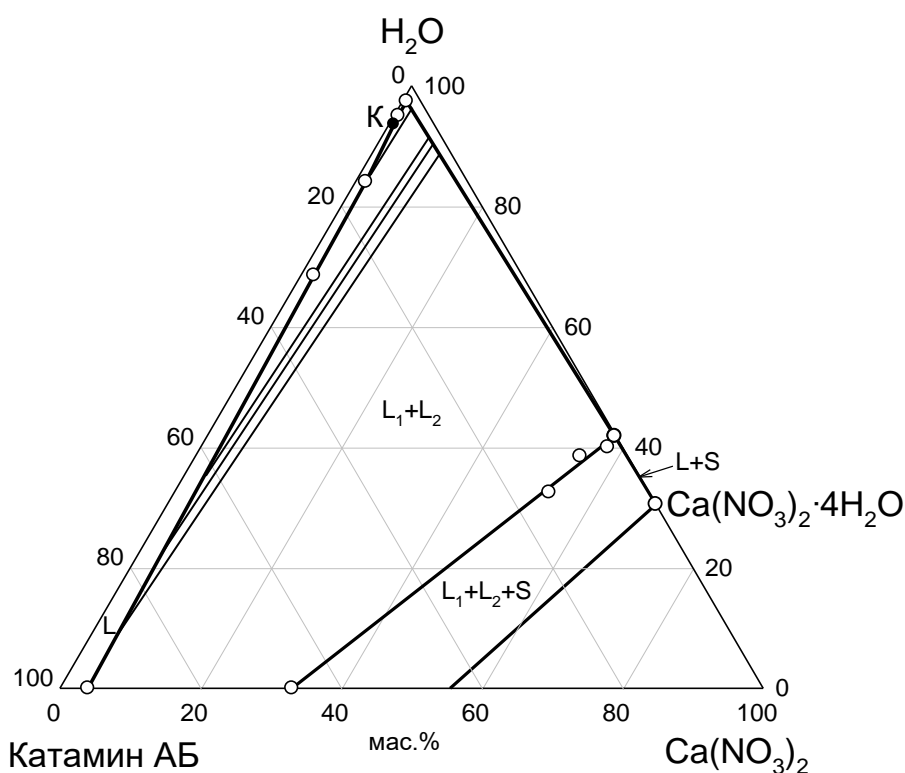


Рис. 4. Диаграмма растворимости системы H_2O – катамин АБ – $Ca(NO_3)_2$ при $25^\circ C$

Таблица 3

Растворимость в системе H_2O – катамин АБ – $Ca(NO_3)_2$ при $25^\circ C$

Концентрация компонентов, мас.%					
Бинодальная кривая			Предельная нода		
$Ca(NO_3)_2$	Катамин АБ	H_2O	$Ca(NO_3)_2$	Катамин АБ	H_2O
4,0	96,0	0,0	58,0	0,2	41,8
1,9	29,6	68,5	57,9	2,1	40,0
1,5	14,5	84,0	54,7	6,8	38,5
0,6	4,4	95,0	53,3	14,2	32,5
0,6	2,0	97,4	33,0	67,0	0,0
0,7	5,7	93,6*			

* критическая точка

Таблица 4

Состав точек равновесных жидких фаз системы H_2O – катамин АБ – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ при 25°C

Концентрация компонентов, мас. %					
Водная фаза			Фаза ПАВ		
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Катамин АБ	H_2O	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Катамин АБ	H_2O
2,0	1,8	96,2	1,4	13,2	85,4
6,6	1,8	91,6	2,5	61,0	36,5
9,7	1,8	88,5	3,8	71,5	24,7
9,5	1,8	88,7	4,2	84,0	11,8

Разрез H_2O – катамин АБ – (50% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ + 50% CaCl_2)

Изучен разрез четырехкомпонентной системы H_2O – катамин АБ – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – CaCl_2 с соотношением солей 1:1. Исследовано шесть сечений треугольника состава. Четыре сечения исходили из вершины смеси солей в точки с соотношениями катамин АБ : H_2O (мас.%) 1,5:97,5, 5:95,

15:85, 30:70 соответственно. Два сечения проходили через вершину ПАВ в точки, соответствующие смеси солей и 40 %-ному раствору смеси солей. Расположение и размер области расслаивания в разрезе подобны системе с нитратом кальция (рис. 4). Состав точек, лежащих на бинадальной кривой и предельной ноде, представлен в табл. 5.

Таблица 5

Растворимость в разрезе H_2O – катамин АБ – (50% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ + 50% CaCl_2) при 25°C

Концентрация компонентов, мас. %					
Бинадальная кривая			Предельная нода		
смесь солей	катамин АБ	H_2O	смесь солей	катамин АБ	H_2O
55,0	0,0	45,0	55,0	0,0	45,0
39,6	0,4	60,0	33,0	67,0	0,0
4,5	1,5	94,0	—	—	—
2,6	4,4	93,0	—	—	—
1,5	14,5	84,0	—	—	—
2,3	29,2	68,5	—	—	—
17,8	82,2	0,0	—	—	—

Обсуждение результатов

Ранее установлено, что катамин АБ образует расслаивающиеся системы со многими неорганическими солями и кислотами: KCl , NaCl , NH_4Cl , LiCl , CaCl_2 , KNO_3 , NH_4NO_3 , NaNO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, LiNO_3 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 , KHCO_3 , NaBr , NH_4F , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, HCl , H_2SO_4 , HNO_3 . Во всех случаях фаза ПАВ находится над водной и имеет характерное окрашивание ПАВ. В большинстве случаев область двухфазного жидкого

равновесия представлена подвижными прозрачными слоями. В системах, содержащих карбонаты, верхний слой представляет собой мутную, гелеобразную фазу.

Высаливающая способность солей при высаливании биополимеров из водных растворов зависит от положения анионов в ряду Гофмейстера [15], которое, в основном, определяется значением энергии гидратации. Чем больше абсолютное значение энергии гидратации, тем выше высаливающая способность соли. Аналогичная зависи-

мость наблюдается для полиэтиленгликолей (ПЭГ), за исключением нитратов, хлоридов и бромидов, расслаивание с которыми получено не было [16, 17]. Эта закономерность справедлива для большинства оксиэтилированных ПАВ, например синтанолов (алкиловых эфиров полиэтиленгликоля) при высаливании солями магния [18] и синтамидов (полиэтиленгликолевых эфиров моноэтаноламидов синтетических жирных кислот) [19]. Для некоторых анионогенных ПАВ (например, оксифоса Б), содержащих оксиэтиленовые фрагменты в своем составе, влияние природы аниона на высаливающую способность также можно описать рядом Гофмейстера [20].

Для катионогенного ПАВ катамина АБ наблюдается обратная зависимость влияния аниона на процесс расслаивания. Максимальная площадь области расслаивания, а также минимальная концентрация высаливателя, необходимая для получения расслаивания, наблюдается для нитрат-иона. Даже в разрезе со смесью хлорида и нитрата кальция в соотношении 1:1 кон-

центрационные границы области расслаивания близки к системе с нитратом кальция. Наблюдаемую зависимость высаливающей способности анионов в этом случае можно объяснить образованием ионного ассоциата положительно заряженной мицеллы ПАВ с анионом. Чем меньше абсолютное значение энергии гидратации аниона, тем он менее гидратирован и соответственно образовавшийся ассоциат имеет большую гидрофобность и легче образует самостоятельную фазу.

Помимо теоретического значения полученные результаты могут иметь практическое применение. Хлорид и нитрат кальция являются основными компонентами тяжелых жидкостей, используемых в нефтяной промышленности [21]. Изучение процесса экстракции нефти в водной системе, содержащей соли кальция в соотношении 1:1, позволит разработать способ очистки отработанной тяжелой жидкости от нефтепродуктов с целью ее дальнейшего использования.

Библиографический список

1. Леснов А.Е., Денисова С.А. Гель-экстракция поверхностно-активными веществами // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2014. Вып. 1 (13). С. 79–93.
2. Nakai T., Murakami Y., Sasaki Y., et al. Ion-pair formation of a copper(II)-ammine complex with an anionic surfactant and the recovery of copper(II) from ammonia medium by the surfactant-gel extraction method // Analytical sciences. 2004. Vol. 20, Is. 1. P. 235–37.
3. Заболотных С.А., Леснов А.Е., Денисова С.А. Фазовые и экстракционные равновесия в системах вода – сульфенол – неорганическая кислота и вода – додецилсульфат натрия – неорганическая кислота // Журнал физической химии. 2016. Т. 90, № 10. С. 1458–1464.
4. Заболотных С.А., Леснов А.Е., Денисова С.А. Гель-экстракция ионов металлов диантипирилалканами в водных расслаивающихся системах на основе алкилбензолсульфокислоты // Вода. Химия и экология. 2017. № 1. С. 73–79.
5. Елохов А.М., Леснов А.Е., Кудряшова О.С. Влияние природы аниона высаливателя на расслаивание в системах соль калия – бис (алкилполиоксиэтилен)фосфат калия – вода // Журнал физической химии. 2016. Т. 90, № 10. С. 1491–1496.
6. Кудряшова О.С., Денисова С.А., Попова М.А., и др. Фазовые равновесия в системах вода –

- сульфаты щелочных металлов или аммония – синтанол // Журнал неорганической химии. 2013. Т. 58, № 2. С. 286–289.
7. Головкина А.В., Кудряшова О.С., Леснов А.Е., и др. Фазовые и экстракционные равновесия в системе вода – синтаמיד-5 или синтаמיד-5к – сульфат аммония // Журнал физической химии. 2013. Т. 87, № 9. С. 1518–1521.
8. Кудряшова О.С., Бортник К.А., Чухланцева Е.Ю., и др. Растворимость в системах вода – катамин-АБ – хлориды щелочных металлов или аммония // Журнал неорганической химии. 2013. Т. 58, № 2. С. 290–293.
9. Murakami Y., Hiraiwa K., Sasaki Y., et al. Surfactant gel adsorption of platinum(II), (IV) and palladium(II) as chloro-complexes and kinetic separation of palladium from platinum using EDTA // Analytical sciences. 2007. Vol. 23, Is. 9. P. 1147–1149.
10. Teng H., Li N., Zhu X., Chen Y. Extraction separation of BSA in aqueous two-phase systems of anionic and cationic surfactant mixtures // Journal of dispersion science and technology. 2011. Vol. 32, Is. 6. P. 828–833.
11. Межов Э.А., Реймаров Г.А., Хананашвили Н.Л. Параметры свертки для прогнозирования на ЕС ЭВМ с помощью программы ОПАГ2 значений констант анионообменной экстракции в 287 сериях экстракционных систем с участием 236 различных анионов // Радиохимия. 1992. Т. 34, № 1. С. 9–50.
12. Справочник по экстракции. Т. 2. Межов Э.А. Экстракция аминами, солями аминов и четвертичных аммониевых оснований // Под ред. А.М. Розена. М.: Атомиздат, 1977. 304 с.
13. Никурашина Н.И., Мерцлин Р.В. Метод сечений. Приложение его к изучению многофазного состояния многокомпонентных систем. Саратов: Саратов. ун-т, 1969. 240 с.
14. Справочник по растворимости. Т.1, кн.1. / отв. редактор В.В. Кафаров. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 960 с.
15. Hofmeister F. Zur lehre von der wirkung der salze // Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. 1888. Vol. 25, №. 1. P. 1–30.
16. Альбертсон П.О. Разделение клеточных частиц и макромолекул. М., 1974. 382 с.
17. Нифантьева Т.И., Матюшова В., Адамцова З., и др. Двухфазные водные системы на основе полиэтиленгликоля и неорганических солей // Высокомолекулярные соединения. 1989. Т. 31, № 10. С. 2131–2135.
18. Елохов А.М., Леснов А.Е., Кудряшова О.С. Возможность использования систем соль магния – моноалкилполиэтиленгликоль – вода в мицеллярной экстракции // Журнал неорганической химии. 2016. Т. 61, № 2. С. 256–262.
19. Леснов А.Е., Головкина А.В., Кудряшова О.С., и др. Фазовые и экстракционные равновесия в системах вода – полиэтиленгликолевые эфиры моноэтаноламидов синтетических жирных кислот – хлорид аммония // Журнал физической химии. 2016. Т. 90, № 8. С. 1200–1204.
20. Кудряшова О.С., Останина Н.Н., Леснов А.Е., и др. Фазовые равновесия в системах вода – оксифос Б – неорганический высаливатель // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2013. Вып. 2 (10). С. 9–15.
21. Рябоконт С.А. Технологические жидкости для закачивания и ремонта скважин. Краснодар, 2009. 337 с.

References

1. Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2014), "Gel extraction by surfactants", *Bulletin of Perm Uni-*

- versity. Series "Chemistry", no. 1 (13). pp. 79–93. (In Russ.).
2. Nakai, T., Murakami, Y., Sasaki, Y., Fujiwara, I. and Tagashira, S. (2004), "Ion-pair formation of a copper(II)-ammine complex with an anionic surfactant and the recovery of copper(II) from ammonia medium by the surfactant-gel extraction method", *Analytical sciences*, Vol. 20, no. 1. pp. 235–237.
 3. Zabolotnykh, S.A., Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2016), "Phase and Extraction Equilibria in H₂O – Sulfonol – HCl (H₂SO₄) and H₂O – Sodium Dodecyl Sulfate – HCl (H₂SO₄) Systems", *Russian Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 90, no. 10, pp. 1942–1947.
 4. Zabolotnykh, S.A., Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2017), "Gel extraction of metal ions by diantipyrylalkanes in aqueous stratified systems based on alkylbenzenesulfonic acid", *Water Chemistry and Ecology*, no. 1, pp. 73–79. (In Russ.).
 5. Elokhov, A.M., Lesnov, A.E. and Kudryashova, O.S. (2016), "Effect of the Salting-out Agent Anion Nature on the Phase Separation of a Potassium Salt – Potassium Bis(alkylpolyoxyethylene)phosphate – Water Systems", *Russian Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 90, no. 10, pp. 1972–1977.
 6. Kudryashova, O.S., Denisova, S.A., Popova, M.A. and Lesnov, A.E. (2013), "Phase Equilibria in the Water – Alkali Metal or Ammonium Sulfate – Synthanol Systems", *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, Vol. 58, no. 2. pp. 246–249.
 7. Golovkina, A.V., Kudryashova, O.S., Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2013), "Phase and Extraction Equilibria in Water – Syntamide 5 – Ammonium Sulfate and Water – Syntamide 5k – Ammonium Sulfate Systems", *Russian Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 87, no 9, pp. 1502–1505.
 8. Kudryashova, O.S., Bortnik, K.A., Chukhlantseva, E.Yu., Denisova, S.A. and Lesnov, A.E. (2013), "Solubility in the Water – Catamine AB – (Alkali Metal or Ammonium Chloride) Systems", *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, Vol. 58, no. 2, pp. 250–252.
 9. Murakami, Y., Hiraiwa, K., Sasaki, Y., Fujiwara I. and Tagashira, S. (2007), "Surfactant gel adsorption of platinum(II), (IV) and palladium(II) as chloro-complexes and kinetic separation of palladium from platinum using EDTA", *Analytical sciences*, Vol. 23, no. 9, pp. 1147–1149.
 10. Teng, H., Li, N., Zhu, X. and Chen, Y. (2011), "Extraction separation of BSA in aqueous two-phase systems of anionic and cationic surfactant mixtures", *Journal of dispersion science and technology*, Vol. 32, no. 6, pp. 828–833.
 11. Mezhev, E.A., Reymarov, G.A. and Khananashvili, N.L. (1992), "Convolution parameters for prediction of UCS with the program OPAG2 anion exchange extraction constants in the 287 series of extraction systems with the participation of 236 different anions", *Radiochimia*, Vol. 34, no. 1, pp. 9–50. (In Russ.).
 12. *Spravochnik po ehkstrakcii. Vol. 2. Ehkstrakciya aminami, solyami aminov i chetvertichnyh ammonievyyh osnovanij* [Guide to the extraction. Extraction of amines, amine salts and quaternary ammonium bases]. (1977) Moscow, Atomizdat. (In Russ.).
 13. Nikurashina, N.I., Mertslin, R.V. *Metod sechenij. Prilozhenie ego k izucheniyu mnogofaznogo sostoyaniya mnogokomponentnyh sistem.* [The method of sections. Application to the study

- of his state multiphase multicomponent systems]. (1969) Saratov, Saratovsk. un-t. (In Russ.).
14. Handbook of Solubility, Vol.1. (1961) Moscow, Leningrad, AS USSR. (In Russ.).
15. Hofmeister, F. (1888), "Zur lehre von der wirkung der salze", *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, Vol. 25, no. 1, pp. 1–30.
16. Albertson, P.O. *Razdelenie kletochnyh chastic i makromolekul* [Separation of cell particles and macromolecules]. (1974), Moscow, Nauka. (In Russ.).
17. Nifanteva, T.I., Matoushova, V., Adamtsova, Z. and Shkinev, V.M. (1989), "Two-phase aqueous systems based on polyethylene glycol and inorganic salts", *Vysokomolekulyarnye soedineniya*, Vol. 31, no. 10, pp. 2131–2135. (In Russ.).
18. Elovkhov, A.M., Lesnov, A.A. and Kudryashova, O.S. (2016), "Potential of Magnesium Salt – Monoalkylpolyethylene Glycol – Water Systems for Use in Micellar Extraction", *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, Vol. 61, no. 2, pp. 243–249.
19. Lesnov, A.E., Golovkina, A.V., Kudryashova, O.S. and Denisova, S.A. (2016), "Phase and extraction equilibria in water – polyethelenglycol ethers of monoethanolamides of synthetic acid – ammonium chloride systems", *Russian Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 90, no. 8, pp. 1585–1589.
20. Kudryashova, O.S., Ostanina, N.N., Lesnov, A.E., Denisova, S.A. (2013), "Phase equilibriums in systems water - oksifos B - inorganic salting-out agent", *Bulletin of Perm State University. Chemistry Series*, no. 2 (10), pp. 9–15. (In Russ.).
21. Ryabokon, S.A. *Tekhnologicheskie zhidkosti dlya zakachivaniya i remonta skvazhin* [Process fluids for completion and workover fluids]. (2009), Krasnodar. (In Russ.).

Об авторах

Кудряшова Ольга Станиславовна,
доктор химических наук, профессор
Естественнонаучный институт ФГБОУ ВО
«Пермский государственный национальный ис-
следовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Генкеля, 4
oskudr@psu.ru

Леснов Андрей Евгеньевич,
доктор химических наук
ФГБОУ ВО «Пермская государственная сель-
скохозяйственная академия»
614000. Пермь, ул. Петропавловская, 23.
ФГБУН «Институт технической химии Ураль-
ского отделения Российской академии наук»
614013, г. Пермь, ул. Королева, 3

Чухланцева Елена Юрьевна,
ФГБУН «Институт технической химии Ураль-
ского отделения Российской академии наук»
614013, г. Пермь, ул. Королева, 3

About the authors

Kudryashova Olga Stanislavovna,
Doctor of Chemistry, Professor
614990, Natural Science Institute of Perm State
University, 4, Genkel st., Perm, Russia
oskudr@psu.ru

Lesnov Andrey Evgenevich,
Doctor of Chemistry
614000, Perm State Agricultural Academy, 23, Pet-
ropavlovskaya st., Perm, Russia.
614013, Institute of Technical Chemistry, Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences Perm,
3, Koroleva st., Perm, Russia
lesnov_ae@mail.ru

Chukhlantseva Elena Yurevna,
614013, Institute of Technical Chemistry, Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences Perm,
3, Koroleva st., Perm, Russia

Бортник Ксения Аркадьевна,
ФГБОУ ВО «Пермский государственный наци-
ональный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Bortnik Ksenia Arkadyevna
614990, Perm State University, 15, Bukireva st.,
Perm, Russia

Денисова Светлана Александровна,
кандидат химических наук, доцент кафедры
аналитической химии
ФГБОУ ВО «Пермский государственный наци-
ональный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Denisova Svetlana Aleksandrovna,
Candidate of Chemistry, Associate Professor of the
Department of Analytical Chemistry.
614990, Perm State University 15, Bukireva st.
Perm, Russia

Информация для цитирования

Кудряшова О.С., Леснов А.Е., Чухланцева Е.Ю., Бортник К.А., Денисова С.А. Фазовые равновесия в системах вода – катамин АВ – нитрат или/и хлорид кальция // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2017. Т. 7. Вып. 2. С. 126–136. DOI: 10.17072/2223-1838-2017-2-126-136.

Kudryashova O.S., Lesnov A.E., Chukhlantseva E.Yu., Bortnik K.A., Denisova S.A. Fazovyie ravnovesiya v sistemakh voda – katamin AV – nitrat ili/i khlorid kal'tsiya [Phase equilibria in water – katalamin AV – calcium nitrate or/and chloride systems] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2017. Vol. 7. № 2. P. 126–136 (in Russ.). DOI: 10.17072/2223-1838-2017-2-126-136.