

АНАЛІТЫЧНАЯ ХІМІЯ
ANALYTICAL CHEMISTRY

УДК 542.61
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-2-149-155>

Поступила в редакцию 16.10.2018
Received 16.10.2018

С. М. Лещев¹, О. Н. Михнюк², А. В. Немкевич¹, С. Ф. Фурс³

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²Государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров таможенных органов
Республики Беларусь, Минск, Беларусь

³Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Беларусь

**ЭКСТРАКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ Н-ГЕКСАНОМ
ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ГИДРОФОСФАТА И АЦЕТАТА КАЛИЯ**

Аннотация. При температуре 20 ± 1 °С изучено распределение модельных веществ различных классов органических неэлектролитов в системах н-гексан–водные растворы гидрофосфата и ацетата калия. Рассчитаны инкременты метиленовой и функциональных групп органических неэлектролитов логарифма константы распределения. Показано, что в случае гидрофосфата калия природа эффекта высаливания в первую очередь заключается в усилении структуры солевого раствора и росте инкремента метиленовой группы. Для ацетата калия инкремент метиленовой группы незначительно растет с увеличением концентрации соли, а для большинства функциональных групп заметно увеличивается. Дано объяснение полученных зависимостей значений инкрементов от природы и состава солевого раствора.

Ключевые слова: высаливание, гидрофосфат калия, ацетат калия, инкремент метиленовой группы, структура раствора, константа Сеченова

Для цитирования. Экстракция органических неэлектролитов н-гексаном из водных растворов гидрофосфата и ацетата калия / С. М. Лещев [и др.] // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2019. – Т. 55, № 2. – С. 149–155. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-2-149-155>

S. M. Leshchev¹, O. N. Mikhniuk², A. V. Nemkevich¹, S. F. Furs³

¹Belarusian State University, Minsk, Belarus

²State Institute for Advanced Training and Retraining of Customs Authorities of the Republic of Belarus,
Minsk, Belarus

³Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Belarus

**EXTRACTION OF ORGANIC NON-ELECTROLYTES WITH N-HEXANE
FROM AQUEOUS SOLUTIONS OF DIPOTASSIUM PHOSPHATE
AND POTASSIUM ACETATE**

Abstract. At a temperature of 20 ± 1 °С, the distribution of model substances of various classes of organic non-electrolytes in n-hexane – aqueous solutions of dipotassium phosphate and potassium acetate was studied. The increments of the methylene and functional groups of organic non-electrolytes are calculated. It has been shown that in case of dipotassium phosphate, the nature of the salting out effect is enhancing the structure of the salt solution and the growth of the methylene group increment. For potassium acetate, the increment of the methylene group slightly increases with increasing salt concentration, and for most functional groups it increases significantly. An explanation of the dependences of the increment values on the nature and composition of the salt solution is given.

Keywords: salting out, dipotassium phosphate, potassium acetate, increment of the methylene group, solution structure, Sechenov constant

For citation. Leshchev S. M., Mikhniuk O. N., Nemkevich A.V., Furs S. F. Extraction of organic non-electrolytes with n-hexane from aqueous solutions of dipotassium phosphate and potassium acetate. *Vesti Natsyonal'nai akademii nauk Belarusi. Seriya khimichnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2019, vol. 55, no. 2, pp. 149–155 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-2-149-155>

Введение. Процессы высаливания при экстракции органических неэлектролитов достаточно изучены многими авторами. Вместе с тем до конца неясны движущие силы процесса высаливания. В ряде работ утверждается, что оно обусловлено уменьшением активности воды с ростом концентрации соли [1–8]. В работах [9, 10] показано, что высаливание в первую очередь обусловлено усилением структуры солевого раствора с увеличением концентрации соли. В частности, на основании использования метода групповых инкрементов в работе [10] показано, что карбонат калия и сульфат аммония обладают мощным высаливающим действием по отношению к углеводородным радикалам органических веществ. Величина инкремента I_{CH_2} возрастает от 0,63 для чистой воды до 1,0 для насыщенного раствора сульфата и до 1,5 для насыщенного раствора K_2CO_3 . Величина инкремента полярной функциональной группы меняется незначительно.

Вместе с тем неизученными остаются как другие классы органических соединений, в частности азотсодержащие, так и другие соли, обладающие высокой растворимостью в воде. С другой стороны, на практике очень часто приходится иметь дело с веществами амфолитной природы, например, содержащими в молекуле аминные и фенольные группы. Типичными представителями таких веществ являются многие наркотические и биологически активные вещества (морфин и другие фенольные соединения, содержащие в молекуле протонируемый азот и т. д.).

Гидрофосфат и ацетат калия обладают аномально высокой растворимостью в воде (5 и 10 моль/л соответственно) и величинами рН порядка 9,7 и 9,0, соответствующими минимальной ионизации указанных амфолитов и колоссальной буферной емкостью их насыщенных растворов по отношению к различным классам органических веществ. Поэтому представляет интерес изучить высаливающее действие данных веществ, а также уточнить природу эффекта высаливания, используя для этого метод групповых инкрементов [10].

Экспериментальная часть. Для эксперимента использовали следующие вещества: н-гексан марки «х.ч.», этанол, пропанол, бутанол, бензиловый спирт, ацетон, этилацетат, тетрагидрофуран, фенол, пиридин, анилин, N-метилимидазол, пиридазин, пиримидин, аллил-триазол марки «ч.д.а.». В качестве минеральных солей использовали гидрофосфат калия тригидрат, ацетат калия марки «ч.д.а.».

Определение концентрации веществ в фазах проводили методом газовой хроматографии с квадрупольным масс-спектрометрическим детектором и устройством автоматического ввода жидких проб (Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra, Shimadzu Corporation, Япония). Использовали хроматографическую капиллярную колонку длиной 30 м, с внутренним диаметром 0,25 мм, покрытую слоем (5 %-фенил)-диметилполисилоксана толщиной 0,25 мкм: HP-5MS Ultra Inert. Температурная программа: 100 °С 2 мин, нагрев 20 °С/мин до 300 °С, изотерма 28 мин, скорость газа-носителя (гелий) – 37,2 см/с, объем пробы 1 мкл, деление потока 1:40, температура инжектора – 280 °С, температура интерфейса – 280 °С. Режим масс-детектора – ТИС, диапазон масс – 33–550 а.е.м.

Константы распределения рассчитывали по убыли компонента в органической фазе. Экстракцию проводили в пробирках до установления равновесия путем аккуратного встряхивания в течение 3–5 мин. Соотношение объемов водной и углеводородной фаз было подобрано таким образом, чтобы из гексановой фазы уходило не менее 30 % вещества, и составило от 2:1 до 1:200. Распределение проводили при температуре 20 ± 1 °С.

Затем проводился анализ раствора вещества в гексане до экстракции ($S_{\text{исх}}$) и анализ гексановой фазы после экстракции ($S_{\text{равнов}}$). Константу распределения рассчитывали по следующему уравнению:

$$P = \frac{S_{\text{(равнов)}}}{S_{\text{(исх)}} - S_{\text{(равнов)}}} \cdot \frac{V_{\text{(H}_2\text{O)}}}{V_{\text{(орг)}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{(H}_2\text{O)}}$ и $V_{\text{(орг)}}$ – объемы водной и гексановой фаз при экстракции соответственно. Погрешность в величинах констант распределения по данным трех параллельных измерений не превышала 10 % ($\Delta \lg P = \pm 0,1$). При определении констант распределения спиртов и фенолов необходимо, чтобы их равновесные концентрации после экстракции в углеводороде не превышали значение в 0,01 М [8].

Это соответствует идеальной области концентраций этих веществ в гексане. Для других классов соединений идеальная область концентраций в гексане простиралась вплоть до 0,1–0,2 М.

Инкременты метиленовой группы были рассчитаны из полученных $\lg P$ этанола, пропанола и бутанола с использованием метода наименьших квадратов [7]. Инкременты функциональных групп органических неэлектролитов, а также инкремент фенильной группы, оснований пиридинового ряда, N-метилимидазола, 1-аллил,1,2,3-триазола рассчитывали по уравнениям:

$$I_{OH} = \lg P_{эт} - 2,5I_{CH_2} \quad (2)$$

$$I_{CO} = \lg P_{ац} - 3I_{CH_2}, \quad (3)$$

$$I_{COO} = \lg P_{EtOAc} - 4I_{CH_2}, \quad (4)$$

$$I_{Ph} = \lg P_{бенз. сп.} - I_{CH_2} - I_{OH}, \quad (5)$$

$$I_{O-} = \lg P_{tgf} - 4I_{CH_2}, \quad (6)$$

$$I_{PyT} = \lg P_{пирид} - I_H, \quad (7)$$

$$I_{Pzin} = \lg P_{pzin} - I_H, \quad (8)$$

$$I_{Pmidin} = \lg P_{pmidin} - I_H, \quad (9)$$

$$I_{Nmim} = \lg P_{Nmim} - I_H, \quad (10)$$

$$I_{Triaz} = \lg P_{Altr} - I_{Allyl}, \quad (11)$$

$$I_{Allyl} = 1,7 \cdot I_{CH_2}, \quad (12)$$

где $\lg P_{эт}$, $\lg P_{ац}$, P_{EtOAc} , $\lg P_{бенз. сп.}$, $\lg P_{pzin}$, $\lg P_{pmidin}$, $\lg P_{Nmim}$, $\lg P_{Altr}$ – логарифмы констант распределения (между гексаном и водно-солевым раствором) этанола, ацетона, этилацетата, бензилового спирта, тетрагидрофурана, пиридина, пиридазина, пиримидина и н-метилимидазола, аллил-триазола соответственно. При расчете инкрементов функциональных групп было принято, что $I_{CH_3} = 1,5 I_{CH_2}$ [11]. Из полученных ранее данных [12] было взято, что $I_{Allyl} = 1,7 \cdot I_{CH_2}$. ΔI_{CH_2} не превышало $\pm 0,05$, погрешность отсюда следует, что колебания ΔI функциональных групп $\pm 0,2$ являются статистически незначимыми.

Результаты и их обсуждение. Из табл. 1 и рис. 1 видно, что логарифмы констант распределения однозначно растут с увеличением концентрации соли. При этом наиболее сильно растут константы веществ с более массивным углеводородным радикалом (бутиловый, бензиловый спирты, 1-аллил,1,2,3-триазол и т. д.).

Таблица 1. Логарифмы констант распределения веществ $\lg P$ между n-гексаном и водными растворами неорганических солей, измеренные при температуре $20 \pm 1^\circ C$

Table 1. Logarithms of the distribution constants of substances $\lg P$ between n-hexane and aqueous solutions of inorganic salts, measured at a temperature of $20 \pm 1^\circ C$

C_m	$\lg P$													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	-2,07	-1,48	-0,82	-0,98	-0,96	-1,03	0,36	0,07	-0,41	-0,08	-	-	-1,49	-1,97
K_2HPO_4														
1	-1,89	-0,96	-0,57	-0,41	-0,80	-0,51	0,88	0,58	0,18	0,38	-1,52	-1,85	-0,93	-1,14
2	-1,61	-0,52	0,36	0,31	-0,48	-0,08	1,58	0,98	0,67	0,55	-1,41	-1,64	-0,58	-0,48
3	-1,00	0,03	0,97	1,05	0,11	0,41	2,10	1,42	1,12	1,20	-1,10	-1,33	0,05	0,36
4	-0,68	0,34	1,56	1,74	0,54	0,78	2,64	1,89	1,49	1,86	-0,30	-0,57	0,71	0,90
5	-0,32	0,93	2,37	2,45	0,78	1,19	-	2,45	1,79	2,51	0,22	-0,13	1,46	1,65
CH_3COOK														
5	-1,51	-0,85	-0,11	-0,14	-0,74	-0,35	1,08	0,41	0,26	0,60	-	-2,00	-0,71	-1,00
10	-1,34	-0,40	0,11	-0,08	-0,94	0,14	1,21	0,70	0,82	1,19	-	-1,64	-0,39	-0,51

Обозначения: 1 – этанол, 2 – пропанол, 3 – бутанол, 4 – бензиловый спирт, 5 – фенол, 6 – ацетон, 7 – этилацетат, 8 – тетрагидрофуран, 9 – пиридин, 10 – анилин, 11 – N-метилимидазол, 12 – пиридазин, 13 – пиримидин, 14 – аллил-триазол.

Т а б л и ц а 2. Инкременты групп логарифма константы распределения I

T a b l e 2. Increments of the logarithm groups of the distribution constant I

C _m	I												
	-CH ₂ -	Ph-	=CO	-COO-	-OH (al)	-OH (ar)	-O-	Pyг-	-NH ₂ (ar)	N-methyl Imidazol	Pyridazin	Pyri- midin	Allyl- triazole
0	0,61	2,01	-2,87	-2,09	-3,60	-2,97	-2,38	-0,71	-2,32	-	-	-1,80	-3,01
K ₂ HPO ₄													
1	0,74	2,59	-2,74	-2,09	-3,74	-3,38	-2,39	-0,19	-2,40	-1,89	-2,22	-1,30	-2,40
2	0,88	3,09	-2,70	-1,92	-3,66	-3,58	-2,52	0,23	-2,54	-1,85	-2,08	-1,02	-1,97
3	1,01	3,57	-2,61	-1,93	-3,52	-3,46	-2,61	0,61	-2,37	-1,60	-1,83	-0,55	-1,35
4	1,14	4,18	-2,63	-1,91	-3,58	-3,64	-2,66	0,92	-2,32	-0,87	-1,14	0,14	1,04
5	1,27	4,63	-2,62	-	-3,45	-3,85	-2,63	1,15	-2,12	-0,41	-0,77	0,82	-0,50
CH ₃ COOK													
5	0,70	2,42	-2,45	-1,72	-3,26	-3,12	-2,39	-0,09	-1,82	-	-2,75	-2,15	-
10	0,72	2,35	-2,03	-1,69	-3,15	-3,27	-2,20	-0,46	-1,16	-	-2,36	-1,86	-

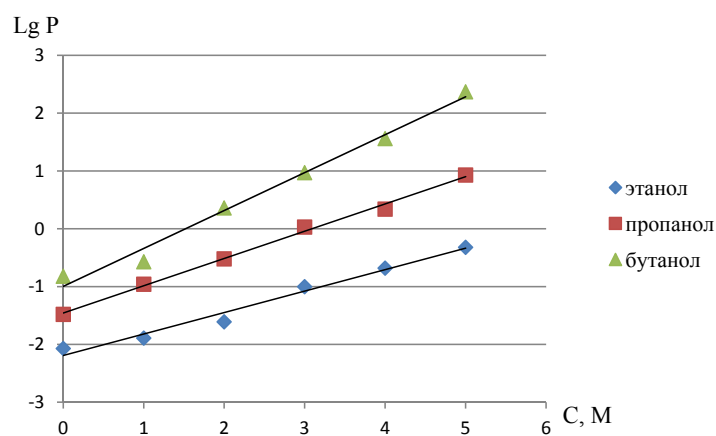


Рис. 1. Зависимость lgP от концентрации гидрофосфата калия для этанола, пропанола и бутанола

Fig. 1. The dependence of lgP on the concentration of dipotassium phosphate for ethanol, propanol and butanol

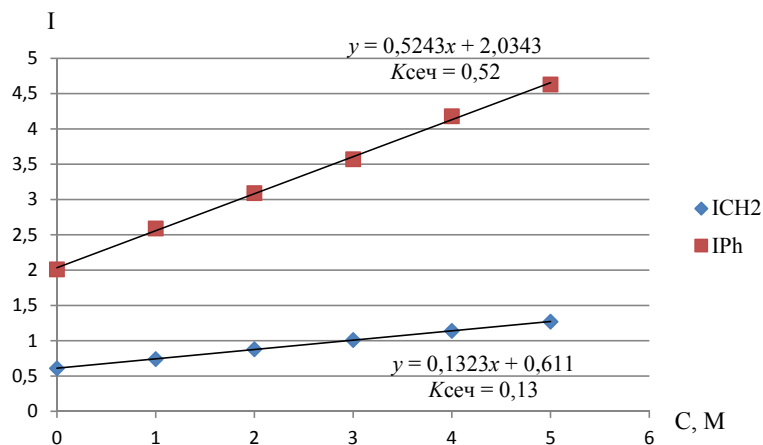
Для более четкой интерпретации полученных результатов следует рассмотреть величины инкрементов групп (табл. 2). Из табл. 2 следует, что I_{CH_2} однозначно и очень сильно растет для систем с участием гидрофосфата калия (0,6–1,3), что сопоставимо с карбонатом калия, где рост составил 0,6–1,5. Высаливающее действие гидрофосфата и карбоната сопоставимы, т.е. по высаливающему действию он напоминает карбонат калия в силу различных причин [10]. Аналогично ведет себя инкремент фенильной группы, несмотря на наличие в нем π -электронной системы. В системе с гидрофосфатом калия он увеличивается на 2,5 единицы при переходе от воды к насыщенному раствору K_2HPO_4 .

При этом присутствует симбатный характер зависимости и от концентрации соли, который может быть описан уравнением Сеченова [13, 14]:

$$I_{\text{CH}_2} = 0,61 + KC_{\text{соли}}, \quad (13)$$

где 0,61 – величина I_{CH_2} в системе гексан–вода; K – константа высаливания (Сеченова); $C_{\text{соли}}$ – концентрация соли в водном растворе, моль/л.

С ростом концентрации соли активность воды падает, следовательно, должны расти инкременты полярных групп. Однако они сравнительно мало зависят от концентрации гидрофосфата. Одной из причин этого явления может быть конкуренция соли за сольватацию данных групп, в результате чего падение активности воды может компенсироваться донорно-акцепторным взаимодействием функциональных групп с ионами соли.

Рис. 2. Зависимость I_{CH_2} и I_{Ph} от концентрации гидрофосфата калияFig. 2. The dependence of I_{CH_2} and I_{Ph} on the concentration of dipotassium phosphate

Рассмотрим системы с участием ацетата калия. Ацетат калия привлек внимание за счет нужного значения рН и сильной растворимости в воде. В данном случае из анализа инкрементов групп видно, что эффекты уплотнения структуры воды при координации ионов и разрушение структуры воды метильной группой в известной мере компенсируются, хотя эффект уплотнения немного превалирует над эффектом разрушения (I_{CH_2} возрастает на 0,07). Инкременты функциональных групп увеличиваются из-за того, что концентрация активных сольватирующих частиц падает, вследствие чего наблюдается эффект разбавления раствора неполярными метиленовыми группами. Оценочно их концентрация в 10 М ацетате калия может достигать 40 об.%. Следовательно, ацетат калия может быть использован для высаливания гидрофильных соединений (с большим количеством полярных функциональных групп в молекуле), но для веществ с массивным углеводородным радикалом его применять не стоит.

Таким образом, применение метода групповых инкрементов позволяет более глубоко интерпретировать природу солевых эффектов в водных растворах солей различной природы.

Список использованных источников

1. Коренман, И. М. Экстракция органических веществ / И. М. Коренман. – Горький: Изд-во Горьков. ун-та, 1973. – 160 с.
2. Коренман, И. М. Экстракция в анализе органических веществ / И. М. Коренман. – М.: Химия, 1977. – 200 с.
3. Танганов, Б. Б. Методы выделения и определения (экстракция и хроматография): учебное пособие / Б. Б. Танганов, Н. В. Сячинова, М. В. Славгородская. – Улан-Удэ: из-во ВСГТУ, 2004. – 104 с.
4. Петров, Б. И. Жидкость-жидкостная экстракция: вчера, сегодня, завтра / Б. И. Петров // Изв. Алтайского гос. ун-та. – 2010. – № 3–1. – С. 184–191.
5. Влияние высаливания на экстракционное извлечение микрокомпонентов коньячной продукции в органическую фазу для последующего ее исследования методом газовой хроматографии / М. Ф. Заяц [и др.] // Труды Белорусского государственного университета. – 2006. – Т. 1, Ч. 1. – С. 234–240.
6. Лещев, С. М. Влияние солей различной природы на энергетическую прочность структуры водных растворов / С. М. Лещев, Н. П. Новик // Журн. структур. химии. – 2004. – Т. 45, № 2. – С. 339–342.
7. Лещев, С. М. Константы распределения низших спиртов, ацетона и этилацетата в системах н-гексан–водные растворы неорганических солей и природа эффекта высаливания / С. М. Лещев, М. Ф. Заяц // Журн. физ. химии. 2012. – Т. 86, № 6. – С. 1072–1076.
8. Методы разделения и концентрирования: методич. пособие / С. Г. Дмитриенко [и др.]; Московский гос. Университет им. М. В. Ломоносова. – М., 2008. – 48 с.
9. Гулевич, А. Л. Экстракционные методы разделения и концентрирования веществ : пособие для студентов хим. фак. спец. 1–31 05 01 «Химия (по направлениям) / А. Л. Гулевич, С. М. Лещев, Е. М. Рахманько. – Минск: БГУ, 2009. – 153 с.
10. Основы аналитической химии: учеб. для вузов: в 2 кн. / Ю. А. Золотов [и др.]; под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высш. шк., 1999. – Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения. – 352 с.

11. Лещев, С. М. Исследование влияния разветвления алифатических углеводородных цепей и их атомов водорода на экстракцию органических неэлектролитов из водных растворов / С. М. Лещев, В. И. Онищук // Журн. прикл. химии. – 1989. – Т. 61, № 8. – С. 1796–1800.
12. Leschev, S. M. Regularities of extraction in systems on the basis of polar organic solvents and use of such systems for separation of important hydrophobic substances / S. M. Leschev // *Ion Exchange and Solvent Extraction: A Series of Advances*. – New York: Marcel Dekker. – 2001. Vol. 15. – P. 295.
13. Лещев, С. М. Возможности применения аддитивных методов расчета для описания и прогнозирования экстракции органических неэлектролитов циклического строения / С. М. Лещев, А. В. Зайдель, С. Ф. Фурс // Вестн. БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. – 2009. – № 2. – С. 20–25.
14. Лещев, С. М. Природа и количественная оценка эффектов внутримолекулярных взаимодействий в молекулах органических неэлектролитов–производных бензола / С. М. Лещев, А. В. Зайдель, В. С. Кондрев // Вестн. БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. – 2010. – № 2. – С. 22–26.
15. Коган, В. Б. Справочник по растворимости / В. Б. Коган, В. М. Фридман, В. В. Кафаров – М.-Л.: изд-во АН СССР, 1962. – 1961 с.

References

1. Korenman I. M. *Extraction of organic substances*. Gorky, Gorky University Press. 1973. 160 p. (in Russian).
2. Korenman I. M. *Extraction in Analysis of Organic Compounds*. Moscow, Khimiya Publ., 1977. 200 p. (in Russian).
3. Tangalov B. B., Syachionova N. V., Slavgorodskaya M. V. *Methods of isolation and determination (extraction and chromatography)*. Ulan-Ude, East Siberia State University of Technology and Management, 2004. 140 p. (in Russian).
4. Petrov B. I. Liquid-liquid extraction: yesterday, today, tomorrow. *Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta = Izvestiya of Altai State University*, 2010, no 3–1, pp.184–191 (in Russian).
5. Zayats M. F., Leschev S. M., Yurchenko R. A., Vinarskiy V. A. The effect of salting out on the extraction of microcomponents of cognac products in the organic phase for its subsequent study by gas chromatography. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta = Scientific works of the Belarusian State University*, 2006, vol. 1, part 1, pp 234–240 (in Russian).
6. Leschev S. M., Novik N. P. Effects of Salts of Varying Nature on the Energy Stability of the Structure of Aqueous Solutions. *Journal of structural chemistry*, 2004, vol. 45, no. 2, pp. 323–326. <https://doi.org/10.1023/b:jory.0000048885.78795.6f>
7. Leschev S. M., Zayats M. F. Distribution constants of lower alcohols, acetone, and ethyl acetate in n-hexane-aqueous solutions of inorganic salt systems and the nature of the salting-out effect. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2012, vol. 86, no 6, pp. 965–968. <https://doi.org/10.1134/s0036024412060167>
8. Dmitrienko S. G., Smirnova S. V., Hatuntseva L. N., Torocheshnikova I. I. *Separation and Concentration Methods*. Moscow, Moscow State University, 2008. 48 p. (in Russian).
9. Gulevich A. L., Leschev S. M., Rakhman'ko E. M. *Extraction methods for the separation and concentration of substances*. Minsk, Belarusian State University, 2009. 159 p. (in Russian).
10. Zolotov Yu. A., Alov T. M., Barbalat Yu. A., Garmash A. V., Dorohova E. N., Dolmanova I. F., Ivanov V. M., Ivanova E. K., Morsanova E. I., Pletnev I. V., Prohorova G. V., Fadeeva V. I., Shehovtsova T. N. *The fundamentals of Analytical Chemistry. Vol. 1. General questions. Separation methods*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1999. 352 p. (in Russian).
11. Leschev S. M., Onishchuk V. I. Investigation of the effect of branching aliphatic hydrocarbon chains and their hydrogen atoms on the extraction of organic non-electrolytes from aqueous solutions. *Zhurnal prikladnoi khimii = Journal of Applied Chemistry*, 1989, vol. 61, no 8, pp. 1796–1800.
12. Leschev S. M. Regularities of extraction in systems on the basis of polar organic solvents and use of such systems for separation of important hydrophobic substances. *Ion Exchange and Solvent Extraction: A Series of Advances*. New York, Marcel Dekker, 2001, vol. 15, pp. 295–330.
13. Leschev S. M., Zaydel A. V., Furs S. F. The possibility of using additive calculation methods to describe and predict the extraction of organic non-electrolytes of cyclic structure. *Vestnik BGU. Ser. 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya = Vestnik BSU. Series 2: Chemistry. Biology. Geography*, 2009, no. 2, pp. 20–25 (in Russian).
14. Leschev S. M., Zaydel A. V., Kondrev V. S. The nature and quantitative assessment of the effects of intramolecular interactions in organic non-electrolyte molecules – benzene derivatives. *Vestnik BGU. Ser. 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya = Vestnik BSU. Series 2: Chemistry. Biology. Geography*, 2010, no 2, pp. 22–26 (in Russian).
15. Kogan V. B., Fridman V. M., Kafarov V. V. *Manual on Solubility*. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1962. 1961 p. (in Russian).

Информация об авторах

Лещев Сергей Михайлович – д-р хим. наук, профессор, Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 14, 220050, Минск, Республика Беларусь). E-mail: leschev.sergey54@gmail.com

Information about the authors

Sergey M. Leschev – D. Sc. (Chemistry), Professor, Belarusian State University (14, Leningradskaya, Str., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: leschev.sergey54@gmail.com

Михнюк Ольга Николаевна – аспирант Белорусского государственного университета, главный эксперт таможенной лаборатории, Государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров таможенных органов Республики Беларусь (ул. Могилевская, 45/4, 200007, Минск, Республика Беларусь). E-mail: mikhniuk.volha@yahoo.com

Немкевич Андрей Владимирович – магистрант Белорусского государственного университета (ул. Ленинградская, 14, 220050, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nemkevic@tut.by

Фурс Сергей Федорович – канд. хим. наук, доцент, Белорусская медицинская академия последипломного образования (ул. П. Бровки, 3, корп. 3, 220013, Минск, Республика Беларусь). E-mail: dhme@tut.by

Olga N. Mikhniuk – Postgraduate Student, State Institute of Advanced Training and Retraining of Customs Authorities of the Republic of Belarus (45/4, Mogilevsraya Str., 200007, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mikhniuk.volha@yahoo.com

Andrei V. Nemkevich – Master student, Belarusian State University. (14, Leningradskaya, Str., 220030, Minsk, Republic of Belarus).

Sergey F. Furs – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education (3/3, P. Brovka Str., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dhme@tut.by