

УДК 542.061

DOI: 10.17072/2223-1838-2019-1-50-61

А.В. Станкова^{1,2}, А.М. Елохов^{2,3}¹Институт технической химии, Пермь, Россия²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия³Естественнонаучный институт ПГНИУ, Пермь, Россия

**КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ
ВОДА – ОКСИЭТИЛИРОВАННЫЙ НОНИЛФЕНОЛ – ХЛОРИД НАТРИЯ
В ПРИСУТСТВИИ СУЛЬФАРСАЗЕНА**

В работе исследованы закономерности распределения ряда органических комплексообразующих реагентов в системе вода – оксиэтилированный нонилфенол (неонол АФ 9-12) – хлорид натрия, а также рассмотрена возможность экстракционно-спектрофотометрического определения свинца с сульфарсазеном. Определен состав образующегося комплексного соединения и его устойчивость в присутствии неонола АФ 9-12. Установлено, что методика обладает низкой чувствительностью, а использование ионных ПАВ в качестве модификаторов не имеет положительного эффекта.

Ключевые слова: неионные поверхностно-активные вещества; сульфарсазен; свинец; жидкостная экстракция; спектрофотометрия

A.V. Stankova¹, A.M. Elokhov^{2,3}¹“Institute of Technical Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences”, Perm, Russia²Perm State University, Perm³Institute of Natural Science, Perm State University, Perm, Russia

**METAL IONS CONCENTRATION AND DETERMINATION IN THE SYSTEM
WATER – OXYETHYLATED NONILPHENOL – SODIUM CHLORIDE
WITH SULFARSAZENE**

In this work, the regularities of number of organic complexing agents distribution in the water – oxyethylated nonylphenol (neonol AF 9-12) –sodium chloride system are investigated, and method for lead extraction-spectrophotometric determination with sulfarsazene is proposed. The composition of complex compound and its stability in neonol AF 9-12 presence are determined. It is established that method has low sensitivity, and use of ionic surfactants as modifiers does not have a positive effect.

Keywords: nonionic surfactants; sulfarsazene; lead; liquid-liquid extraction; spectrophotometry

Введение

Неионные оксиэтилированные поверхностно-активные вещества нашли широкое применение в экстракционных методах концентрирования ионов металлов и органических веществ. Образование расслаивающихся смесей возможно вследствие нагревания водного раствора ПАВ до определенной температуры (точки помутнения) [1, 2], высаливания действием неорганических солей [3, 4] или углеводов [5, 6]. При этом используемое ПАВ может концентрировать ионы металлов в виде комплексных соединений с органическими реагентами [7, 8], а в слабокислых средах – в виде галогенидных [9] или тиоцианатных ацидокомплексов [10] по гидратно-сольватному механизму. Простота осуществления экстракции, возможность автоматизации, минитюаризации процесса, а также возможность сочетания со спектрофотометрическими [3, 7, 11], атомно-абсорбционными [1, 12, 13] и хроматографическими [6, 14] методами определения различных по природе веществ обуславливает активное развитие методов анализа природных и промышленных объектов с применением неионных ПАВ.

Наибольшее распространение в практике мицеллярной экстракции получили оксиэтилированные алкилфенолы – оксиэтилированные октилфенолы (Triton Series и препараты серии ОП общей формулой $C_8H_{17}C_6H_4O-(CH_2CH_2O)_mH$, где m – степень оксиэтилирования) [15, 16] и оксиэтилированные нонилфенолы (неонолы, PONPE общей формулой $C_9H_{19}C_6H_4O(CH_2CH_2O)_mH$) [17, 18]. Настоящая работа является продолжением исследования направлений использования технических ок-

сиэтилированных нонилфенолов (неонолов) в жидкостной экстракции и посвящена разработке экстракционно-фотометрической методики определения металлов в присутствии органических реагентов.

Объекты и методы исследования

В работе использованы:

1. Неонол АФ-9-12 (ТУ 2483-077-05766801-98, оксиэтилированный нонилфенол $C_9H_{19}C_6H_4O(C_2H_4O)_{12}H$, основного вещества не менее 98 %)

2. Хлорид натрия квалификации «ч.д.а»

3. Органические комплексообразующие реагенты: арсеназо I, арсеназо III, 1-(2-пиридилазо)-2-нафтол, нитрозо-R-соль, сульффарсазен, 4-(2-пиридилазо)-резорцин, метиленовый голубой, ксиленоловый оранжевый, хромазурол S, эриохром черный Т, бриллиантовый зеленый, дитизон; хромпиразол-I, торон, алюминон, хромовый темно-синий. Растворы с концентрацией 10^{-3} М готовили растворением навески реагента в дистиллированной воде или этаноле. Раствор сульффарсазена 10^{-4} М готовили разбавлением раствора 10^{-3} М.

4. Нитрат свинца, сульфаты кадмия, марганца и цинка квалификации «х.ч» Растворы солей с концентрацией 10^{-3} М готовили растворением навески солей в воде. Раствор с концентрацией 10^{-4} М готовили разбавлением раствора 10^{-3} М.

Экстракцию при 60°C осуществляли в градуированных пробирках с притертой пробкой. Подготовленную смесь общим объемом 20 мл и содержащую 3,0 г хлорида натрия, 4 мл раствора ПАВ (250 г/л), необходимые объемы раствора реагента, при необходимости раствора соли металла, перемешивали до полного

растворения хлорида натрия, затем выдерживали в термостате до установления равновесия, после чего пробирку охлаждали проточной водой и отделяли водную фазу.

Спектры поглощения регистрировали на приборе СФ-2000 в кварцевых или стеклянных кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см, измерение оптической плотности при разработке спектрофотометрической методики осуществляли на приборе ЮНИКО-1201 в стеклянных кюветах.

Исследования состава комплексного соединения и его устойчивости осуществляли стандартными спектрофотометрическими методами, подробно описанными в литературе [19].

Результаты и их обсуждение

Фазовые равновесия и экстракция галогенидных ацидокомплексов ионов металлов в системе вода – неонол АФ 9-12 – хлорид натрия при 60°C изучены ранее [9, 20]. С целью определения возможности применения указанной системы для экстракционно-фотометрического определения металлов методом добавок исследовано межфазное распределение ряда органических комплексообразующих реагентов (табл. 1). С коэффициентами распределения выше 100 в фазу ПАВ концентрируется ряд трифенилметановых красителей (бриллиантовый зеленый, хромазуrol S) и азокрасителей (1-(2-пиридилазо)-2-нафтол, 4-(2-пиридилазо)-резорцин, сульфарсазен, эриохром четный Т, хромовый темно-синий).

Таблица 1

Распределение органических реагентов системе вода – неонол АФ 9-12– NaCl при 60°C

Краситель	Максимум поглощения, нм	Степень извлечения, %	Коэффициент распределения
Арсеназо I	505	41,3	6
Арсеназо III	560	39,6	6
Пиридилазонафтол	465	98,3	519
Нитрозо-R-соль	370	16,5	2
Сульфарсазен	438	93,8	147
Пиридилазорезорцин	442	95,5	192
Метиловый голубой	661	73,5	25
Ксиленоловый оранжевый	576	4,4	0,4
Хромазуrol S	464	98,3	507
Эриохром четный Т	547	92,9	129
Бриллиантовый зеленый	619	98,1	477
Дитизон	414	71,5	23
Хромпиразол I	597	55,9	11
Торон	490	27,9	4
Алюминон	535	73,6	25
Хромовый темно-синий	550	98,5	603
Бериллон II	553	40,7	6
Метилтимоловый синий	426	74,0	26

Для дальнейших исследований в качестве органического реагента выбран сульфарсазен, который имеет высокий коэффициент распре-

деления в изученной системе и образует в слабощелочной среде достаточно устойчивые комплексы с катионами свинца, кадмия, мар-

ганца и цинка [21, 22], которые могут выступать в качестве загрязнителей природных и промышленных сточных вод и характеризуются достаточно низкими величинами ПДК.

С целью установления возможности использования реакции комплексообразования сульфарсазена с катионами металла для спектрофотометрического определения сняты спектры поглощения растворов сульфарсазена и его комплексов с исследуемыми металлами и установлено влияние неона АФ 9-12 на спектрофотометрические характеристики образующихся комплексов. Для этого в мерные колбы на 25 мл помещали 1,0 мл $1,0 \cdot 10^{-3}$ М сульфарсазена, 0,5 мл $1,0 \cdot 10^{-3}$ М раствора

соли соответствующего металла и доводили дистиллированной водой до метки. При исследовании влияния ПАВ на комплексообразование к полученной смеси добавляли экстракт без растворов реагента и металла и разбавляли дистиллированной водой до метки. Установлено, что введение солей свинца, цинка, кадмия приводит к образованию комплексного соединения, окрашенного в красный цвет, при этом контрастность реакции составляет 73–75 нм в зависимости от металла. Взаимодействие катионов марганца с сульфарсазеном не приводит к образованию окрашенного соединения (табл. 2).

Таблица 2

Максимумы поглощения растворов сульфарсазена и его комплексов с ионами металлов

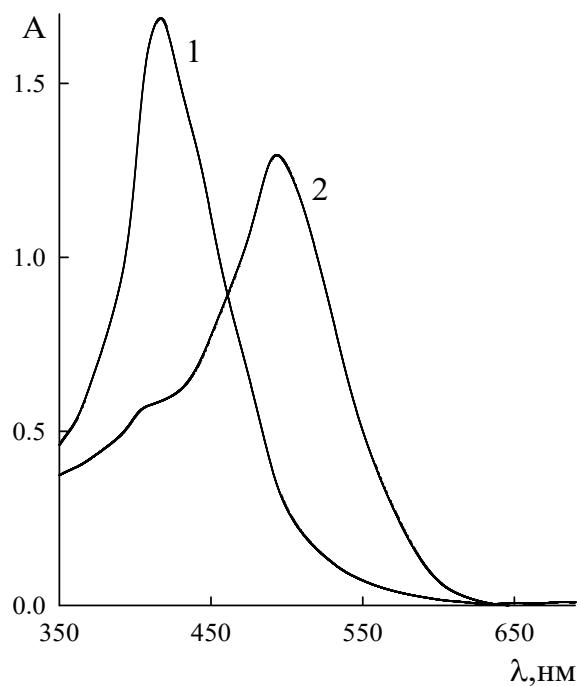
Металл	В отсутствие неона АФ 9-12			В присутствии неона АФ 9-12		
	$\lambda_{\text{max реaq.}}$, нм	$\lambda_{\text{max компл.}}$, нм	Δ , нм	$\lambda_{\text{max реaq.}}$, нм	$\lambda_{\text{max компл.}}$, нм	Δ , нм
Pb ²⁺	417	492	75	422	495	73
Zn ²⁺	417	489	72	422	485	63
Cd ²⁺	417	490	73	422	496	74
Mn ²⁺	417	417	0	422	490	68

Введение неона АФ-9-12 приводит к небольшому батохромному сдвигу (5 нм) и гипохромному эффекту для поглощения раствора сульфарсазена, вероятно, вследствие сольubilизации реагента. Для комплексов ионов свинца и кадмия с сульфарсазеном в присутствии неона АФ-9-12 наблюдается незначительный батохромный сдвиг и гипохромный эффект, для комплекса цинка наблюдается гипохромный сдвиг на 9 нм и гипохромный эффект. Введение неона АФ 9-12 приводит к появлению максимума поглощения комплекса сульфарсазена с марганцем, контрастность реакции при этом составляет 68 нм.

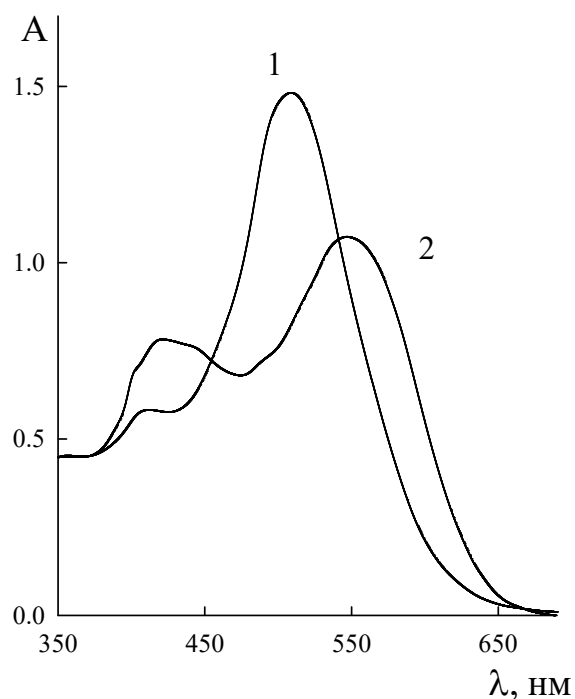
Для дальнейших исследований выбран свинец, являющийся одним из наиболее токсичных элементов, встречающихся в природных водах и имеющий достаточно низкую величину предельно-допустимой концентрации в водах рыбохозяйственного и культурно-бытового назначения. В связи с тем, что неон АФ-9-12 негативно сказывается на спектрофотометрических характеристиках комплекса свинца с сульфарсазеном, предпринята попытка введения ионных ПАВ в различной концентрации, так как в ряде случаев возможно увеличение контрастности и чувствительности реакции за счет межмолекулярных взаимодействий с участием поверхностно-активных веществ.

Изучено влияние катамина АБ (катионный ПАВ, хлорид алкилбензилдиметиламмония), оксифоса Б (анионный оксиэтилированный ПАВ, бис(алкилполиоксиэтилен)фосфат калия) и неонола АФ-9-12 в концентрациях от 0,1 до 200,0 г/л. Для этого в мерную колбу на 25 мл помещали 1,0 мл $1,0 \cdot 10^{-3}$ М раствора сульфар-

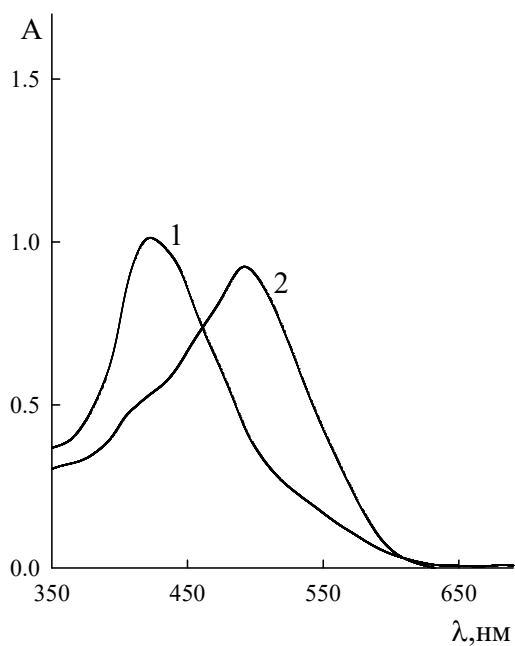
сазена, 0,5 мл $1,0 \cdot 10^{-3}$ М раствора соли соответствующего металла, раствор ПАВ для создания нужной концентрации и довели дистиллированной водой до метки. Спектры светопоглощения регистрировали на приборе СФ-2000 в стеклянных кюветках на 1 см.



a



б



в

Рис. 1. Спектры светопоглощения растворов сульфарсазена (1) и комплексного соединения сульфарсазена со свинцом (2) без ПАВ (а) в присутствии 5 г/л катамина АБ (б) и 200 г/л неонола АФ 9-12 (в) ($C_{Pb} = C_R = 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л; $l = 1$ см, СФ-2000)

Анионный ПАВ оксифос Б практически не влияет на светопоглощение сульфарсазена, но при введении в концентрации более 10 г/л приводит к гипсохромному сдвигу максимума светопоглощения комплекса реагента со свинцом и при 100 г/л максимум светопоглощения комплекса отсутствует вероятно вследствие разрушения комплексного соединения с сульфарсазеном и образованием растворимых соединений свинца с анионами оксифоса Б.

Введение катамина АБ в растворы сульфарсазена приводит к батохромному сдвигу максимума светопоглощения до 500–505 нм в зависимости от концентрации ПАВ. В спектре светопоглощения комплекса со свинцом в присутствии катамина АБ наблюдается два максимума светопоглощения при 416–420 нм, отвечающему поглощению сульфарсазена, и при 540–560 нм, отвечающего максимуму поглощения комплекса. Однако в целом контрастность реакции невелика (рис. 1 б).

Введение неолола АФ 9–12 приводит к выраженному гипсохромному эффекту в спектре светопоглощения сульфарсазена и его комплекса со свинцом, который увеличивается с ростом концентрации ПАВ (рис. 1 а, в).

Таким образом, введение различных по природе ПАВ в большинстве случаев негативно сказываются на спектрофотометрических характеристиках образующегося комплексного соединения, поэтому использование для экстракции смесей неолола АФ-9-12 с добавками ионных ПАВ не представляет особого интереса.

Исследования показали, что окраска комплекса развивается практически мгновенно и устойчива более одного часа, что удобно для проведения экспресс-определения свинца. При

использовании раствора сульфарсазена приготовленного на 2 %-ном растворе тетрабората натрия не требуется введения буферного раствора на стадии экстракции, достаточно использования нейтрального анализируемого раствора, но перед спектрофотометрическим измерением требуется введение аммиачного буферного раствора с рН 10,13 для увеличения интенсивности окраски комплексного соединения.

Для построения градуировочного графика градуированные пробирки с притертой пробкой помещали 15 г смеси, содержащей 22,0 % NaCl, 8,0 % неолола АФ-9-12 и 70,0 % воды, 0,25; 0,50; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мл $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л раствора Pb^{2+} , перемешивали, вводили 0,25 мл $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора сульфарсазена, довели объем до 20 мл, перемешивали и термостатировали при 60°C в течение 15–20 мин, после охлаждения до комнатной температуры экстракт отделяли, добавляли 2 мл буферного раствора (рН = 10,13), довели объем дистиллированной водой до 5 мл и измеряли оптическую плотность при 490 нм в кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см на фоне холостой пробы приготовленной аналогично без добавления раствора Pb^{2+} .

Полученный график (рис. 2) линейен в интервале содержаний свинца в экстракте $0,5 \cdot 10^{-5}$ – $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л (1,0–10,0 мг/л). Рассчитанное значение коэффициента молярного поглощения 7110 сопоставимо с литературными данными по фотометрическому определению свинца с сульфарсазеном – 7600 [23]. Воспроизводимость экстракционно-фотометрической методики определения свинца сульфарсазеном проверена методом введено-найдено. Результаты исследования представлены в табл. 3.

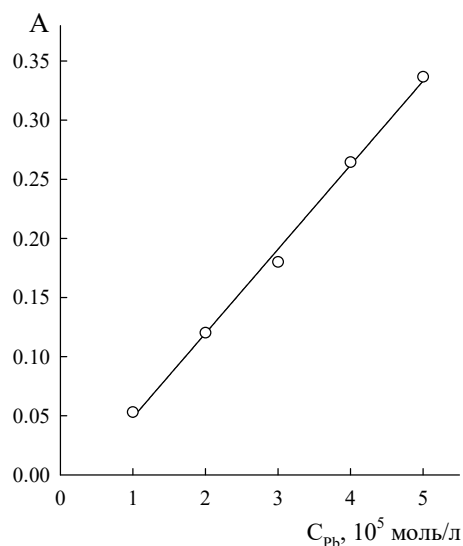


Рис. 2. Градуировочный график для экстракционно-фотометрического определения свинца с сульфарсазеном в системе вода – неонол АФ-9-12 – NaCl ($C_R = 0,25 \cdot 10^{-6}$ моль; $pH = 10,13$; $\lambda = 490 \text{ нм}$; $l = 1 \text{ см}$; ЮНИКО-1201)

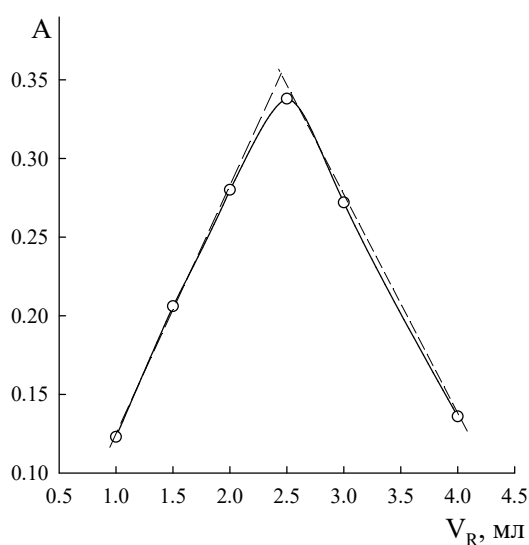
Таблица 3

Проверка воспроизводимости методом введено – найдено ($P=0,95, n=5$)

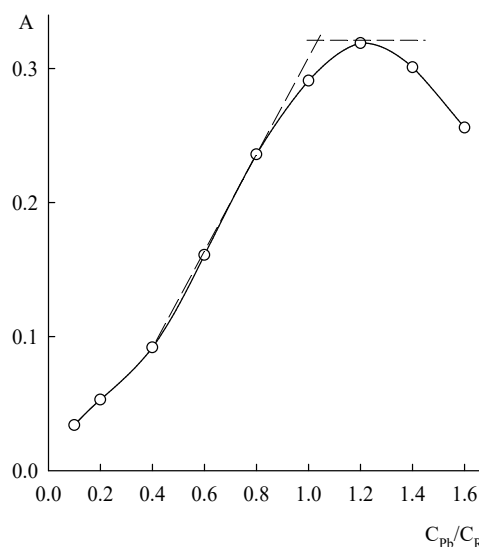
Введено $Co, \text{ мг/л}$	Найдено $Co, \text{ мг/л}$	$X_{cp.}$	S_r	y
5,00	5,10	4,99	0,12	0,10
	5,02			
	4,95			
	4,80			
	5,06			

Методами изомолярных серий (рис. 3 а), насыщения (рис. 3 б), билогарифмических зависимостей и Асмуса установлено, что соот-

ношение свинец : сульфарсазен равно 1 : 1, что соответствует литературным данным [83, 84, 87].



3, а



3, б

Рис. 3 Определение состава комплекса Pb^{2+} с сульфарсазеном методом изомолярных серий (а) и насыщения (б) ($C_{Pb} = C_R = 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л; $V_{Me} = 2,5 \text{ мл}$; $pH = 10,13$; $\lambda = 490 \text{ нм}$; $l = 1 \text{ см}$)

Методом разбавления Бабко определена константа устойчивости комплекса свинца с сульфарсазеном (β), значение которой составило $4,33 \cdot 10^5$ ($\log \beta = 5,64$).

Проведенные исследования показали, что разработанная экстракционно-фотометрическая методика является малоперспективной в связи с отрицательным влиянием неонала АФ-9-12 на спектрофотометрические характеристики комплексного соединения, низким коэффициентом молярного светопоглощения и, следовательно, низкой чувствительностью определения. Однако представляет интерес возможность экстракционного концентрирования свинца с последующим атомно-абсорбционным или атомно-эмиссионным определением.

Список литературы

1. Citak D., Tuzen M. A novel preconcentration procedure using cloud point extraction for determination of lead, cobalt and copper in water and food samples using flame atomic absorption spectrometry // Food and Chemical toxicology. 2010. Vol. 48, № 5. P. 1399–1404.
2. Xie S., Paau M.C., Li C.F., et al. Separation and preconcentration of persistent organic pollutants by cloud point extraction // Journal of Chromatography A. 2010. Vol. 1217, № 16. P. 2306–2317.
3. Heidarizadi E., Tabaraki R. Simultaneous spectrophotometric determination of synthetic dyes in food samples after cloud point extraction using multiple response optimizations // Talanta. 2016. Vol. 148. P. 237–246.
4. Елохов А.М., Кылосова К.В., Денисова С.А. Оптимизация параметров экстракции в системах вода – моноалкилполиэтиленгликоль – хлорид металла или аммония // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2017. Т.7, №1. С. 49–57.
5. Ramalakshmi S. Ramanan R.N., Ariff A.B., et al. Liquid–liquid equilibrium of primary and secondary aqueous two-phase systems composed of sucrose + Triton X-114 + water at different temperatures // Journal of Chemical & Engineering Data. 2014. Vol. 59, №. 9. P. 2756–2762.
6. Tsai W.H., Chuang H.Y., Chen H.H., et al. Application of sugaring-out extraction for the determination of sulfonamides in honey by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection // Journal of Chromatography A. 2010. Vol. 1217, № 49. P. 7812–7815.
7. Денисова С.А., Кылосова К.В., Елохов А.М. Разработка метода экстракционно-фотометрического определения кобальта с 1-(2-пиридилазо)нафтолом // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2017. Т. 7, № 3. С. 306–313.
8. Pytlakowska K., Kozik V., Dabioch M. Complex-forming organic ligands in cloud-point extraction of metal ions: a review // Talanta. 2013. Vol. 110. P. 202–28.
9. Stankova A.V., Elokho A.M., Denisova S.A., et al. Extraction of chloride acido complexes of triply charged metal cations in water – oxyethylated nonylphenol – salting-out agent systems // Russian Chemical Bulletin. 2018. Vol. 67, №. 9. P. 1608–1611.
10. Денисова С.А., Кудряшова О.С., Леснов А.Е., и др. Фазовые равновесия в системах вода – тиоцианат калия – синтанол ДС-10 или синтанол АЛМ-10 // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2017. Т.7, №1. С. 49–57.

- го университета. Серия: Химия. 2011. № 3 (3). С. 83–87.
11. Heydari R., Hosseini M., Zarabi S. A simple method for determination of carmine in food samples based on cloud point extraction and spectrophotometric detection // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2015. Vol. 150. P. 786–791.
12. Altunay N., Gürkan R. A new cloud point extraction procedure for determination of inorganic antimony species in beverages and biological samples by flame atomic absorption spectrometry // *Food chemistry*. 2015. Vol. 175. P. 507–515.
13. Şahin Ç. A., Efeçinar M., Şatıroğlu N. Combination of cloud point extraction and flame atomic absorption spectrometry for preconcentration and determination of nickel and manganese ions in water and food samples // *Journal of Hazardous Materials*. 2010. Vol. 176, № 1–3. P. 672–677.
14. López-García I., Vicente-Martínez Y., Hernández-Córdoba M. Non-chromatographic speciation of chromium at sub-ppb levels using cloud point extraction in the presence of unmodified silver nanoparticles // *Talanta*. 2015. Vol. 132. P. 23–28.
15. Tiwari S., Deb M.K., Sen B.K. Cloud point extraction and diffuse reflectance-Fourier transform infrared spectroscopic determination of chromium (VI): A probe to adulteration in food stuffs // *Food chemistry*. 2017. Vol. 221. P. 47–53.
16. Su Y.D. Zhang L.J., Zhu Y.Y., et al. Determination of trace copper in water sample by flame atomic absorption spectrometry with cloud point extraction preconcentration // *Metallurgical Analysis*. 2008. Vol. 28. P. 36–38.
17. Gürkan R., Korkmaz S., Altunay N. Preconcentration and determination of vanadium and molybdenum in milk, vegetables and foodstuffs by ultrasonic-thermostatic-assisted cloud point extraction coupled to flame atomic absorption spectrometry // *Talanta*. 2016. Vol. 155. P. 38–46.
18. Tong S., Jia Q., Song N., et al. Determination of gold (III) and palladium (II) in mine samples by cloud point extraction preconcentration coupled with flame atomic absorption spectrometry // *Microchimica Acta*. 2011. Vol. 172, № 1–2. P. 95–99.
19. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986. 432 с.
20. Elokho A.M., Stankova A.V., Kudryashova O.S., et al. Topological transformation of phase diagrams water – ethoxylated nonylphenols – sodium chloride systems // *Bulletin of the Karaganda University. «Chemistry» series*. 2018. № 4(92). P. 35–40.
21. Лукин А.М., Петрова Г.С. О новом реагенте на свинец // *Журнал аналитической химии*. 1960. Т. 15, № 3. С. 295–298.
22. Парташников М.З., Шафран И.Г. Сульфарсазен как комплексонометрический индикатор при определении цинка, кадмия, никеля и свинца // *Журнал аналитической химии*. 1965. Т. 20, № 3. С. 313–319.
23. Полянский Н.Г. Аналитическая химия элементов. Свинец. М.: Наука, 1986. 357 с.

References

1. Citak, D. and Tuzen, M. (2010) “A novel preconcentration procedure using cloud point extraction for determination of lead, cobalt and copper in water and food samples using flame

- atomic absorption spectrometry”, *Food and Chemical toxicology*. Vol. 48. no. 5. pp. 1399–1404.
- Xie S., Paau, M.C., Li, C.F., Xiao, D., and Choi, M.M. (2010) “Separation and preconcentration of persistent organic pollutants by cloud point extraction”, *Journal of Chromatography A*. Vol. 1217. no. 16. pp. 2306–2317.
 - Heidarizadi, E., and Tabaraki, R. (2016) “Simultaneous spectrophotometric determination of synthetic dyes in food samples after cloud point extraction using multiple response optimizations”, *Talanta*. Vol. 148. pp. 237–246.
 - Elokhov, A.M., Kylosova, K.V., Denisova, S.A. “Optimization of extraction parameters in water – monoalkyl polyethylene glycol – metal or ammonium chloride systems”, *Perm University Bulletin. Chemistry series*. Vol. 7. No. 1. pp. 49–57. (In Russ.).
 - Ramalakshmi, S. Ramanan, R.N., Ariff, A.B., and Ooi, C.W. (2014) “Liquid–liquid equilibrium of primary and secondary aqueous two-phase systems composed of sucrose+ Triton X-114+ water at different temperatures”, *Journal of Chemical & Engineering Data*. Vol. 59. no. 9. pp. 2756–2762.
 - Tsai, W.H., Chuang, H.Y., Chen, H.H., Wu, Y.W., Cheng, S.H., and Huang, T.C. (2010) “Application of sugaring-out extraction for the determination of sulfonamides in honey by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection”, *Journal of Chromatography A*. Vol. 1217. no. 49. pp. 7812–7815.
 - Denisova, S.A., Kylosova, K.V. and Elokhov, A.M. (2017) “Development of the method of extraction-photometric determination of cobalt with 1- (2-pyridylazo) naphthol”, *Perm University Bulletin. Chemistry series*. Vol. 7. no. 3. pp. 306–313. (In Russ.).
 - Pytlakowska, K., Kozik, V. and Dabioch, M. (2013) “Complex-forming organic ligands in cloud-point extraction of metal ions: a review”, *Talanta*. Vol. 110. pp. 202–228.
 - Stankova, A.V., Elokhov, A.M., Denisova, S.A. and Lesnov, A.E. (2018) “Extraction of chloride acido complexes of triply charged metal cations in water – oxyethylated nonylphenol – salting-out agent systems”, *Russian Chemical Bulletin*. Vol. 67. No. 9. pp. 1608–1611.
 - Denisova, S.A., Kudryashova, OS, Lesnov, A.E. and Popova, M.A. (2011) “Phase equilibria in systems water – potassium thiocyanate – Synthanol DS-10 or Synthanol ALM-10”, *Perm University Bulletin. Chemistry Series*. no. 3 (3). pp. 83–87. (In Russ.).
 - Heydari, R., Hosseini, M. and Zarabi, S. (2015) “A simple method for determination of carmine in food samples based on cloud point extraction and spectrophotometric detection”, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. Vol. 150. pp. 786–791.
 - Altunay, N. and Gürkan, R. (2015) “A new cloud point extraction procedure for determination of inorganic antimony species in beverages and biological samples by flame atomic absorption spectrometry”, *Food chemistry*. Vol. 175. pp. 507–515.
 - Şahin, Ç.A., Efeçinar, M. and Şatiroğlu, N. (2010) “Combination of cloud point extraction and flame atomic absorption spectrometry for preconcentration and determination of nickel and manganese ions in water and food samples”, *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 176. no. 1–3. pp. 672–677.

14. López-García, I., Vicente-Martínez, Y. and Hernández-Córdoba, M. (2015) “Non-chromatographic speciation of chromium at sub-ppb levels using cloud point extraction in the presence of unmodified silver nanoparticles”, *Talanta*. Vol. 132. pp. 23–28.
15. Tiwari, S., Deb, M.K. and Sen, B.K. (2017) “Cloud point extraction and diffuse reflectance-Fourier transform infrared spectroscopic determination of chromium (VI): A probe to adulteration in food stuffs”, *Food chemistry*. Vol. 221. pp. 47–53.
16. Su, Y.D., Zhang, L.J., Zhu, Y.Y. and Gan, L.H. (2008) “Determination of trace copper in water sample by flame atomic absorption spectrometry with cloud point extraction preconcentration”, *Metallurgical Analysis*. Vol. 28. pp. 36–38.
17. Gürkan, R., Korkmaz, S. and Altunay, N. (2016) “Preconcentration and determination of vanadium and molybdenum in milk, vegetables and foodstuffs by ultrasonic-thermostatic-assisted cloud point extraction coupled to flame atomic absorption spectrometry”, *Talanta*. Vol. 155. pp. 38–46.
18. Tong, S., Jia, Q., Song, N., Zhou, W., Duan, T., and Bao, C. (2011) “Determination of gold (III) and palladium (II) in mine samples by cloud point extraction preconcentration coupled with flame atomic absorption spectrometry”, *Microchimica Acta*. Vol. 172. no. 1–2. pp. 95–102.
19. Bulatov, M.I. and Kalinkin, I.P. *Prakticheskoye rukovodstvo po fotometricheskim metodam analiza* [Practical guidance on photometric methods of analysis]. (1986) Leningrad, Khimiya.
20. Elokhov, A.M., Stankova, A.V., Kudryashova, O.S. and Lesnov, A.E. (2018) “Topological transformation of phase diagrams water – ethoxylated nonylphenols – sodium chloride systems”, *Bulletin of the Karaganda University. «Chemistry» series*. no. 4(92). pp. 35–40.
21. Lukin, A.M. and Petrova, G.S. (1960) “On the new reagent for lead”, *Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 15. no. 3. pp. 295–298. (In Russ.).
22. Partashnikova, M.Z. and Shafran, I.G. (1965) “Sulfarsazen as a complexometric indicator in determining zinc, cadmium, nickel and lead”, *Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 20. no. 3. pp. 313–319.
23. Polyansky, N.G. *Analiticheskaya khimiya elementov. Svinets* [Analytical chemistry of elements. Lead] (1986) Moscow, Nauka. (In Russ.).

Об авторах

Елохов Александр Михайлович,
кандидат химических наук
старший преподаватель, кафедра неорганической химии, химической технологии и техно-
сферной безопасности
Пермский государственный национальный ис-
следовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
elhalex@yandex.ru

Станкова Анастасия Вадимовна,
аспирант,
лаборатория органических комплексообразую-
щих реагентов
Институт технической химии Уральского отде-
ления Российской Академии наук
614013, Пермь, ул. Академика Королева, 3.
stankova11@mail.ru

About the authors

Elokhov Aleksandr Mikhailovich,
Candidane of Chemistry,
Senior lecturer, Department of inorganic chemistry,
chemical technology and technosphere safety,
Perm State University,
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
elhalex@yandex.ru

Stankova Anastasiya Vadimovna
postgraduated student, Laboratory of organic com-
plexing reagents
Institute of Technical Chemistry of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
614013, 3, Koroleva, st., Perm, Russia
stankova11@mail.ru

Информация для цитирования

Станкова А.В., Елохов А.М. Концентрирование и определение ионов металлов в системе во-
да – оксиэтилированный нонилфенол – хлорид натрия в присутствии сульфарсазена // Вестник Перм-
ского университета. Серия «Химия». 2019. Т. 9, вып. 1. С. 50–61. DOI: 10.17072/2223-1838-2019-1-50-
61.

Stankova A.V., Elokhov A.M. Kонтсентрирование i opredelenie ionov metallov v sisteme voda – oksietiliro-
vannyi nonilfenol – khlorid natriia v prisutstvii sulfarsazena [Metal ions concentration and determination in
the system water – oxyethylated nonilphenol – sodium chloride with sulfarsazene] // Vestnik Permskogo
universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2019. Vol. 9. Issue 1. P. 50–61 (in
Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2019-1-50-61.