

УДК 542.61

DOI 10.17072/2223-1838-2021-4-244-253

**В. А. Измestьева, А. М. Елохов**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

**ЭКСТРАКЦИЯ ХЛОРИДНЫХ И ТИОЦИАНАТНЫХ АЦИДОКОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ  
В СИСТЕМАХ ВЫСАЛИВАТЕЛЬ – МОНОАЛКИПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ – ВОДА**

*Исследовано распределение хлоридных ацидокомплексов железа (III), таллия (III), галлия, титана (IV) в системах хлорид натрия – синтанол ДС-10 – вода и сульфат аммония – синтанол ДС-10 – вода, а также тиоцианатных ацидокомплексов железа (III), кобальта, никеля, кадмия и меди (II) в системе сульфат аммония – синтанол ДС-10 – вода. Показано, что основное влияние на экстракцию оказывает кислотность среды и природа высаливателя. Установлены условия количественного извлечения таллия (III) и галлия в виде хлоридных ацидокомплексов, а также условия максимального извлечения тиоцианатных ацидокомплексов железа (III), цинка и кобальта.*

**Ключевые слова:** оксиэтилированные ПАВ; моноалкилполиэтиленгликоли; жидкостная экстракция; гидратно-сольватный механизм; ацидокомплексы ионов металлов

*Поступила в редакцию 11.10.2021; после правок 25.10.2021; принята к публикации 25.10.2021*

**V. A. Izmesteva, A. M. Elokhov**

Perm State University, Perm, Russia

**EXTRACTION OF CHLORIDE AND THIOCYANATE ACIDOCOMPLEXES OF METALS  
IN SALTING-OUT AGENT – MONOALKYLPOLYETHYLENE GLYCOL – WATER SYSTEMS**

*Distribution of iron (III), thallium (III), gallium, titanium (IV) chloride complexes in sodium chloride – synthanol DS-10 – water and ammonium sulfate – synthanol DS-10 – water systems, as well as iron (III), cobalt, nickel, cadmium and copper (II) thiocyanate complexes in the ammonium sulfate – synthanol DS-10 – water system investigated. It was found that the main influence on extraction is exerted by solution acidity and nature of the salting-out agent. The conditions for quantitative extraction of thallium (III) and gallium in the form of chloride complexes, as well as the conditions for maximum extraction of iron (III), zinc and cobalt thiocyanate complexes are established.*

**Key words:** oxyethylated surfactants; monoalkylpolyethylene glycols; liquid-liquid extraction; hydrate-solvation mechanism; acidocomplexes of metal ions

*Received 11.10.2021; revised 25.10.2021; accepted 25.10.2021*

© Измestьева В.А., Елохов А.М., 2021



Данная статья распространяется на условиях лицензии  
Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная

Водорастворимые полимеры и оксиэтилированные поверхностно-активные вещества активно используются для экстракционного концентрирования биологически активных веществ, антибиотиков, органических и неорганических загрязнителей окружающей среды [1–3]. Преимуществом ПАВ перед традиционно используемыми органическими растворителями является их низкая токсичность, высокая степень биоразлагаемости, низкая летучесть и пожароопасность, а также (вследствие растворимости образующегося экстракта в воде) легкость автоматизации процесса и возможность сочетания с различными физико-химическими методами анализа [4].

Наиболее широкое распространение получили неионные оксиэтилированные ПАВ, например оксиэтилированные октилфенолы (Triton Series и препараты серии ОП общей формулой  $C_8H_{17}C_6H_4O(CH_2CH_2O)_mH$ , где  $m$  – степень оксиэтилирования) [5–7], оксиэтилированные нонилфенолы (неонолы, PONPE общей формулой  $C_9H_{19}C_6H_4O(CH_2CH_2O)_mH$ ) [8–10], а также моноалкилполиэтиленгликоли (синтанолы,  $C_nH_{2n+1}O(CH_2CH_2O)_mH$ ) [11–13]. Ранее подробно исследованы закономерности высаливания синтанолов неорганическими солями в политермических [14] и изотермических условиях [11], предложены новые экстракционные системы, содержащие хлорид натрия [12], сульфат аммония [13], тиоцианат калия [15] в качестве высаливателя.

Известно, что экстракция ионов металлов в системах на основе неионных ПАВ возможна по гидратно-сольватному механизму в виде галогенидных и тиоцианатных ацидокомплексов, при этом закономерности распределения ионов металлов определяются не только кон-

центрацией и свойствами дополнительных комплексобразующих веществ, но и температурой осуществления экстракции, а также природой высаливателя [16]. Управление данными параметрами позволяет расширить перечень извлекаемых элементов и в ряде случаев повысить селективность экстракции. Настоящая работа посвящена изучению влияния различных факторов на распределение ионов металлов в системах высаливатель – моноалкилполиэтиленгликоль – вода.

#### Объекты и методы исследования

В работе использованы: неионное ПАВ синтанол ДС-10 ( $C_nH_{2n+1}O(CH_2CH_2O)_{10}H$ ,  $n = 10–18$ , основное вещество – 99,0%, вода – 0,5%, зольность – 0,2%), концентрированные серная и хлороводородная кислоты, хлорид натрия, сульфат аммония и тиоцианат калия квалификации «ч.д.а.», оксид таллия (III), сульфат галлия, гексагидрат хлорида железа (III), гексагидрат сульфата цинка, пентагидрат сульфата меди, гептагидрат сульфата кобальта, сульфат кадмия, гептагидрат сульфата никеля квалификации «х.ч.», дистиллированная вода. Растворы солей готовили из точных навесок на дистиллированной воде, в ряде случаев растворы подкисляли с целью подавления гидролиза. Растворы сульфата таллия готовили растворением оксида таллия (III) в концентрированной серной кислоте с последующим разбавлением раствора дистиллированной водой.

Экстракцию ионов металлов осуществляли в градуированных пробирках, в которые помещали 3,0 г хлорида натрия (или 2,0 г сульфата аммония), 5,0 мл водного раствора ПАВ (200 г/л), 1,0 мл 0,1 моль/л раствора соли соответствующего металла и расчетный объем 5,0 моль/л хлороводородной или серной ки-

слот и при необходимости 5,0 моль/л раствор тиоцианата калия, после чего раствор довели дистиллированной водой до объема 20 мл. Смесь встряхивали в течение 1 мин и термостатировали при 60°C в течение 10–15 мин до просветления фаз, после чего пробирки охлаждали проточной водой и отделяли водную фазу. Исследование проводили с ионами металлов, которые сравнительно легко извлекаются в виде хлоридных и тиоцианатных ацидокомплексов из слабокислых растворов.

Степень извлечения распределяемых ионов металлов определяли комплексонометрическим титрованием водной фазы по известным методикам [17]. Экспериментально доказано, что присутствие ПАВ не влияет на результаты определения.

**Оптимальные параметры экстракции в системах высаливатель – синтанол ДС-10– вода**

Высаливатель		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl
Концентрация компонентов, мас. %	Высаливатель	10,0	15,0
	ПАВ	5,0	5,0
	Вода	85,0	80,0
Температура, °C		60	60
V <sub>отн</sub> *		0,1	0,1
C <sub>max</sub> ** , моль/л	HCl	0,8	1,8
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,9	2,4

\*V<sub>отн</sub> – отношение объема экстракта к общему объему системы

\*\*C<sub>max</sub> – максимальная концентрация при которой сохраняется расслаивание

Вероятно, протонирование молекул ПАВ при введении кислот и, как следствие, снижение их способности к высаливанию приводит к гомогенизации расслаивающихся систем, причем максимальная концентрация кислоты, при которой сохраняется расслаивание, определяется природой кислоты и высаливателя, содержанием ПАВ в экстракционной системе и температурой [16]. Однако в целом для систем с синтанолами интервал кислотности, в котором существует расслаивание, значительно уже, чем для подобных систем с ионными ПАВ, что

**Результаты и их обсуждение**

Фазовые равновесия и обоснование выбора высаливателей и параметров осуществления экстракции в системах на основе синтанолов приводится в работах [11–15]. В таблице представлены оптимальные температурно-концентрационные параметры экстракции и характеристики области расслаивания в системах с сульфатом аммония и хлоридом натрия при 25 и 60°C. Исследовать распределение ионов металлов в системе хлорид натрия – синтанол ДС-10 – вода при 25°C невозможно, так как при этой температуре расслаивание в системе отсутствует [12]. В системе сульфат аммония – синтанол ДС-10 – вода фазовые равновесия при 60°C не изучали, параметры экстракции выбраны эмпирическим путем.

ограничивает перечень извлекаемых ионов металлов.

В системе хлорид натрия – синтанол ДС-10 – вода при 60°C исследовано распределение 0,005 моль/л ионов таллия (III), галлия, титана (IV) и железа (III) в зависимости от концентрации хлороводородной кислоты (рис. 1). Установлено, что количественно извлекаются при концентрации хлороводородной кислоты более 0,125 моль/л таллий (III), 0,75 моль/л – галлий. Кривые извлечения железа (III) и тита-

на (IV) имеют минимум при концентрации кислоты 0,3 и 0,5 моль/л, соответственно.

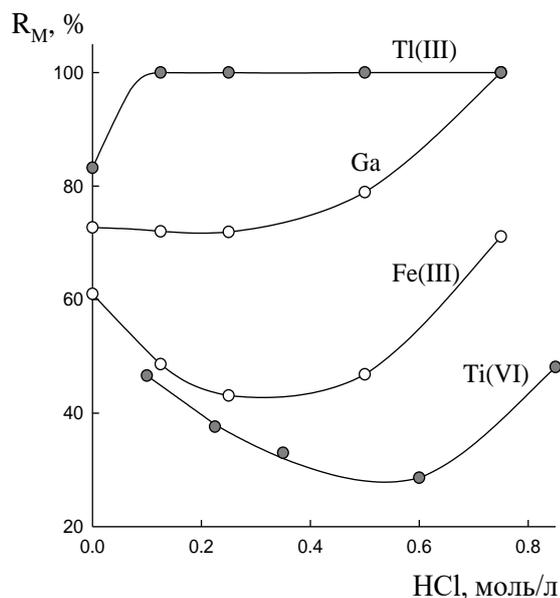


Рис. 1. Экстракция ионов металлов в системе NaCl – синтанол ДС-10 – вода в зависимости от концентрации хлороводородной кислоты

Замена хлороводородной кислоты на серную приводит к снижению степени извлечения всех исследованных ионов металлов, что, вероятно, связано с меньшей концентрацией хлорид-ионов в экстракционной системе. Так, степень извлечения железа (III) уменьшается от 61% в отсутствие серной кислоты до 49% при 0,75 моль/л  $H_2SO_4$ . Дальнейший рост кислотности приводит к гомогенизации расслаивающейся системы. Для таллия максимальная степень извлечения равна 88% (при 0,25 моль/л серной кислоты), последующее увеличение кислотности приводит к падению степени извлечения до 80% (при 0,75 моль/л серной кислоты).

В системе сульфат аммония – синтанол ДС-10 – вода при 60°C количественно извлекается галлий при кислотности 0,75 моль/л хлороводородной кислоты (рис. 2). Максимальная степень извлечения таллия составляет 70% (более

0,25 моль/л хлороводородной кислоты). Кривая извлечения железа (III) плавно возрастает во всем исследованном интервале кислотности, максимальная степень его извлечения – 54%. Очевидно, возможно количественное извлечение железа (III) при более высокой кислотности, однако система при этом является гомогенной.

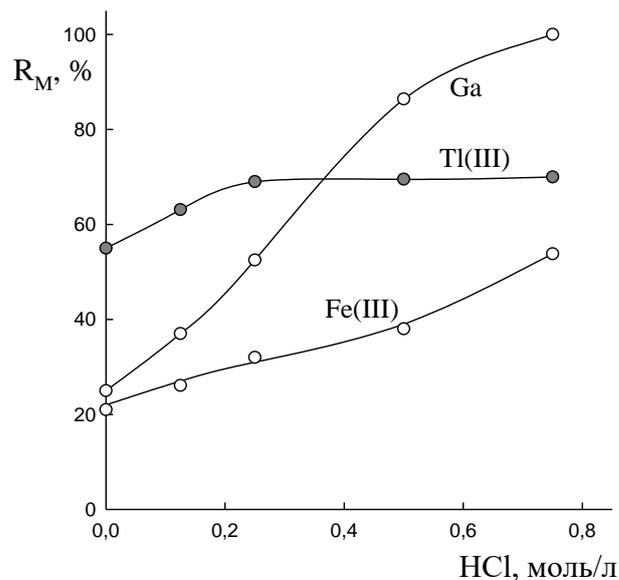
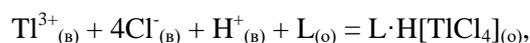


Рис. 2. Экстракция ионов металлов в системе  $(NH_4)_2SO_4$  – синтанол ДС-10 – вода в зависимости от концентрации хлороводородной кислоты

Изученные ионы извлекаются по гидратно-сольватному механизму с участием синтанола ДС-10. При этом увеличение содержания хлороводородной кислоты в экстракционной системе приводит к одновременному росту концентрации как хлорид-ионов, так и ионов водорода, что приводит к росту степени извлечения. Предполагаемое уравнение экстракции на примере таллия (III) можно представить в следующем виде:



где L – синтанол ДС-10.

Характерный минимум на кривых извлечения железа (III) и титана (IV) может быть свя-

зан с образованием трудно экстрагируемых продуктов частичного гидролиза указанных ионов металлов при низкой кислотности и последующего их разрушения с ростом содержания хлороводородной кислоты в экстракционной системе. При этом минимум на кривой извлечения будет отвечать началу извлечения по гидратно-сольватному механизму.

Высокая комплексообразующая способность тиоцианат-ионов нашла применение при экстракции ионов металлов в расслаивающихся системах различного типа, в том числе и на основе поверхностно-активных веществ [18–20]. В силу низкой высаливающей способности тиоцианатов в отношении оксиэтилированных ПАВ, как при комнатной, так и при более высокой температуре [15], а также неустойчивости тиоциановодородной кислоты, в

практике экстракции используют смеси тиоцианатов щелочных металлов или аммония с серной кислотой в качестве дополнительных комплексообразователей. Кроме того, использование подобных смесей позволяет независимо изменять концентрацию, как тиоцианат-ионов, так и ионов водорода в экстракционной системе, что может быть полезно для целей разделения ионов металлов.

С целью оценки возможности использования системы сульфат аммония – синтанол ДС-10 – вода для концентрирования тиоцианатных ацидокомплексов металлов исследовано распределение 0,005 моль/л ионов железа (III), цинка, кобальта, меди (II), кадмия и никеля при 60°C в зависимости от концентрации тиоцианата калия и серной кислоты (рис. 3).

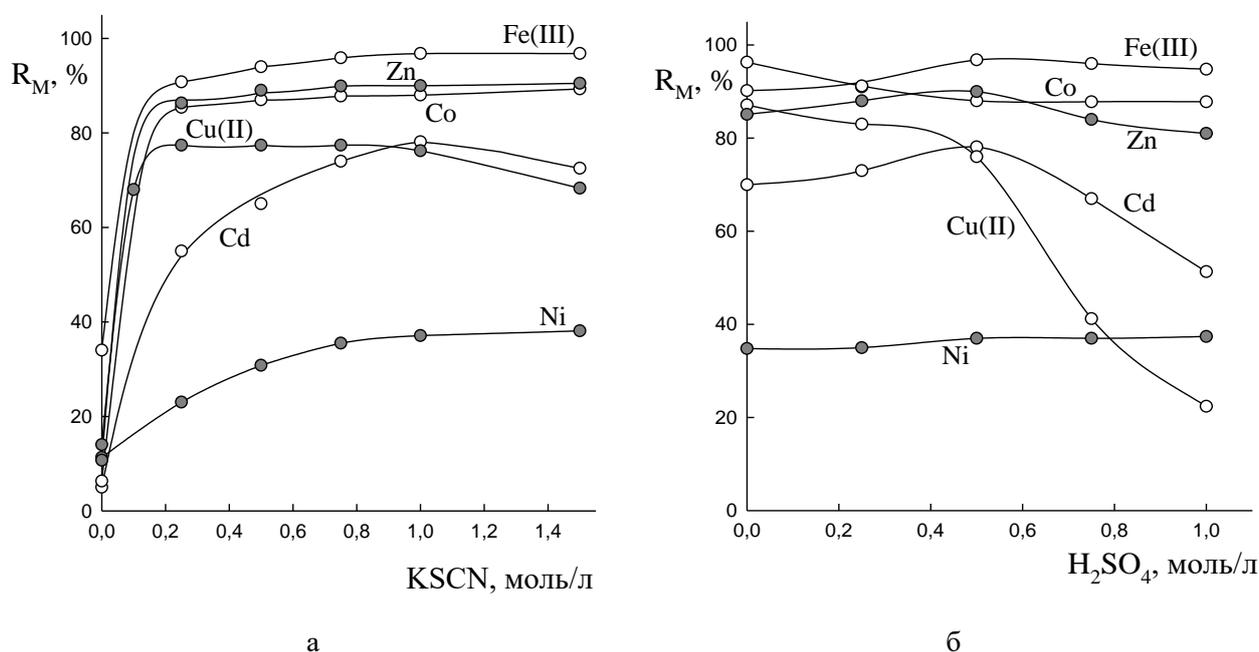


Рис. 3. Экстракция ионов металлов в системе  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – синтанол ДС-10 – вода в зависимости от концентрации тиоцианата калия при  $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,5$  моль/л (а) и от концентрации серной кислоты при  $C_{\text{KSCN}} = 1,0$  моль/л (б)

На первом этапе исследовано влияние концентрации тиоцианата калия на степень извлечения ионов металлов в присутствии

0,5 моль/л серной кислоты. Как видно из рис. 3,а, экстракция всех изученных металлов незначительная. Степень извлечения желе-

за (III), цинка и кобальта резко возрастает в интервале концентраций тиоцианата калия от 0,0 до 0,2 моль/л, далее плавно увеличивается или остается постоянной. Кривая извлечения меди (II) имеет максимум в интервале концентраций тиоцианата калия от 0,25 до 1,00 моль/л, извлечения кадмия – при 1,0 моль/л. Экстракция никеля возрастает во всем изученном интервале концентраций тиоцианата калия. Максимальная степень извлечения железа (III) составляет 97%, цинка – 90%, кобальта – 89%, меди (II) – 77% и кадмия – 78% (при 1,0 моль/л тиоцианата калия), никеля – 38% (при 1,5 моль/л тиоцианата калия). Поскольку при содержании тиоцианата калия в экстракционной системе 1,0 моль/л наблюдается максимальное извлечение всех изученных ионов металлов, кроме никеля, то на следующем этапе изучали влияние серной кислоты при этом содержании тиоцианата калия (рис. 3,6). Степень извлечения никеля практически не зависит от концентрации серной кислоты, извлечение железа незначительно увеличивается с ростом концентрации  $H_2SO_4$  от 0,0 до 0,5 моль/л. Кривые извлечения цинка и кадмия имеют максимум при 0,5 моль/л серной кислоты. Экстракция меди (II) уменьшается с ростом содержания серной кислоты в системе. Максимальная степень извлечения железа (III) равна 97%, цинка – 90% и кадмия – 78% (0,5 моль/л серной кислоты), кобальта – 96% и меди (II) – 87% (в отсутствие серной кислоты), никеля – 37% (во всем интервале содержаний серной кислоты).

Исследования показали, что оптимальными для осуществления концентрирования является содержание в экстракционной системе 0,5 моль/л серной кислоты и 1,0 моль/л тио-

цианата калия, при этом железо (III) извлекается на 97%, кобальт – 89% и цинк – 90%.

Высокая степень извлечения железа (III), цинка и кобальта позволяет предположить возможность экстракционно-фотометрического определения указанных металлов в виде тиоцианатных ацидокомплексов. Однако предварительные эксперименты по концентрированию  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л ионов железа (III), цинка и кобальта в оптимальных условиях показали, что образующийся экстракт не является оптически прозрачным даже при разбавлении дистиллированной водой, этиловым спиртом или ацетоном, поэтому его фотометрирование невозможно.

#### Заключение

Проведенное исследование позволило установить закономерности распределения 0,005 моль/л таллия (III), галлия, титана (IV) и железа (III) в системах хлорид натрия или сульфат аммония – синтанол ДС-10 – вода при 60°C в присутствии серной и хлороводородной кислот. Установлено, что в системе с хлоридом натрия таллий (III) количественно извлекается при содержании хлороводородной кислоты 0,15–0,75 моль/л, галлий – при 0,75 моль/л. Также показана возможность группового концентрирования 0,005 моль/л тиоцианатных ацидокомплексов железа (III), цинка и кобальта в системе сульфат аммония – синтанол ДС-10 – вода при 60°C при содержании в экстракционной системе 0,5 моль/л серной кислоты и 1,0 моль/л тиоцианата калия.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. *Mortada W.I.* Recent developments and applications of cloud point extraction: A critical review // *Microchemical Journal*. 2020. Vol. 157. Art. 105055.
2. *Kojro G., Wroczyński P.* Cloud point extraction in the determination of drugs in biological matrices // *Journal of chromatographic science*. 2020. Vol. 58, № 2. P. 151–162.
3. *Kori S.* Cloud point extraction coupled with back extraction: a green methodology in analytical chemistry // *Forensic sciences research*. 2021. Vol. 6, № 1. P. 19–33.
4. *Леснов А.Е., Денисова С.А.* Гель-экстракция поверхностно-активными веществами // *Вестник Пермского университета. Серия «Химия»*. 2014. № 1 (13). С. 79–93.
5. *Snigur D., Chebotarev A., Bulat K., Duboviy V.* Fast room temperature cloud point extraction procedure for spectrophotometric determination of phosphate in water samples // *Analytical biochemistry*. 2020. Vol. 597. Art. 113671.
6. *Abou El-Reash Y.G., Tantawy H.A., Abdel-Latif E., Mortada W.I.* Micelle-mediated extraction for speciation and spectrophotometric determination of iron using a newly synthesized salicylic acid derivative // *Microchemical Journal*. 2020. Vol. 158. Art. 105280.
7. *Чернова Р.К., Шестопалова Н.Б., Козлова Л.М.* Фазовое разделение в системе (ОП-10) – H<sub>2</sub>O и "cloudpoint" экстракция некоторых красителей // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология*. 2012. Т. 12. № 3. С. 32–38.
8. *Altunay N.A., Gurkan R., Yildirim E.* New ultrasound assisted-cloud point extraction method for the determination of trace levels of tin and antimony in food and beverages by flame atomic absorption spectrometry // *Food Analytical Methods*. 2016. Vol. 9, № 10. P. 2960–2971.
9. *Станкова А.В., Елохов А.М., Леснов А.Е.* Экстракция галогенидных ацидокомплексов металлов в системе вода – оксиэтилированный нонилфенол – сульфат аммония // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия Химия*. 2019. Т. 12, № 3. С. 328–335.
10. *Altunay N., Gürkan R.* Separation / preconcentration of ultra-trace levels of inorganic Sb and Se from different sample matrices by charge transfer sensitized ion-pairing using ultrasonic-assisted cloud point extraction prior to their speciation and determination by hydride generation AAS // *Talanta*. 2016. Vol. 159. P. 344–355.
11. *Кудряшова О.С., Денисова С.А., Попова М.А., Леснов А.Е.* Фазовые равновесия в системах вода – сульфат щелочного металла или аммония – синтанол // *Журнал неорганической химии*. 2013. Т. 58, № 2. С. 286–289.
12. *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.
13. *Денисова С.А., Леснов А.Е., Михеева М.Н.* Применение системы вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония в экстракционно-фотометрическом анализе // *Вестник Пермского университета. Серия «Химия»*. 2016. № 2 (22). С. 55–62.

14. Елохов А.М., Станкова А.В., Леснов А.Е. Количественная оценка высаливающей способности неорганических солей в отношении оксипропилированных поверхностно-активных веществ // Журнал физической химии. 2020. Т. 94, № 8. Р. 1161–1166.
15. Денисова С.А., Кудряшова О.С., Леснов А.Е., Попова М.А. Фазовые равновесия в системах вода – тиоцианат калия – синтанол ДС-10 или синтанол АЛМ-10 // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2011. № 3 (3). С. 83–87.
16. Станкова А.В., Елохов А.М., Денисова С.А., Леснов А.Е. Экстракция галогенидных комплексов металлов в системах вода – оксипропилированный ниоилфенол – высаливатель // Известия Академии наук. Серия Химическая. 2018. № 9. С. 1608–1611.
17. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. М.: Химия, 1970.
18. Денисова С.А., Кудряшова О.С., Елохов А.М., Леснов А.Е. Растворимость и экстракция ионов металлов в системах бис(алкилполиоксиэтилен)фосфат калия (или хлорид алкилбензилдиметиламмония) – тиоцианат калия (или аммония) – вода при 25°C // Журнал неорганической химии. 2019. Т. 64, № 6. С. 655–659.
19. da Rocha Patricio P., Mesquita M.C., da Silva L.H.M., da Silva M.C.H. Application of aqueous two-phase systems for the development of a new method of cobalt (II), iron (III) and nickel (II) extraction: A green chemistry approach // Journal of hazardous materials. 2011. Vol. 193. P. 311–318.
20. Shibukawa M., Nakayama N., Hayashi T., Shibuya D., Endo Y., Kawamura S. Extraction behaviour of metal ions in aqueous polyethylene glycol – sodium sulphate two-phase systems in the presence of iodide and thiocyanate ions // Analytica chimica acta. 2001. Vol. 427, № 2. P. 293–300.

### References

1. Mortada, W.I. (2020) “Recent developments and applications of cloud point extraction: A critical review”, *Microchemical Journal*, vol. 157, pp. 105055.
2. Kojro, G. and Wroczynski, P. (2020) “Cloud point extraction in the determination of drugs in biological matrices”, *Journal of Chromatographic Science*, vol. 58, no. 2, pp. 151–162.
3. Kori, S. (2021) “Cloud point extraction coupled with back extraction: a green methodology in analytical chemistry”, *Forensic Sciences Research*, vol. 6, no. 1, pp. 19–33.
4. Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2015) “Gel-extraction by surfactants”, *Bulletin of Perm University. Chemistry*, No. 1, pp. 79–93. (in Russian).
5. Snigur, D. Chebotarev, A., Bulat, K. and Duboviy, V. (2020) “Fast room temperature cloud point extraction procedure for spectrophotometric determination of phosphate in water samples”, *Analytical Biochemistry*, vol. 597, pp. 113671.
6. Abou El-Reash, Y.G. Tantawy, H.A., Abdel-Latif, E. and Mortada, W.I. (2020) “Micelle-mediated extraction for speciation and spectrophotometric determination of iron using a newly synthesized salicylic acid derivative”, *Microchemical Journal*, vol. 158, pp. 105280.
7. Chernova, R.K., Shestopalova, N.B. and Kozlova, L.M. (2012) Fazovoye razdeleniye v sisteme (OP-10) – H<sub>2</sub>O i "cloud point" ekstraktsiyanekotorykh krasiteley [Phase separation in the system (OP-10) – H<sub>2</sub>O and "cloud point"

- extraction of some dyes], *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya*, vol. 12, no. 3, pp. 32–38. (In Russian).
8. Altunay, N.A., Gurkan, R. and Yildirim, E. (2016) “New ultrasound assisted-cloud point extraction method for the determination of trace levels of tin and antimony in food and beverages by flame atomic absorption spectrometry”, *Food Analytical Methods*, vol. 9, no. 10, pp. 2960–2971.
  9. Stankova, A.V., Elokhov, A.M. and Lesnov, A.E. (2019) “Halide and thiocyanate metal acid complexes extraction in the water – ethoxylatednonylphenol – ammonium sulfate system”, *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*, vol. 12, no. 3, pp. 328–335. (In Russian).
  10. Altunay, N. and Gürkan, R. (2016) “Separation / preconcentration of ultra-trace levels of inorganic Sb and Se from different sample matrices by charge transfer sensitized ion-pairing using ultrasonic-assisted cloud point extraction prior to their speciation and determination by hydride generation AAS”, *Talanta*, vol. 159, pp. 344–355.
  11. 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.
  12. Elokhov, A.M., Kylosova, K.V. and Denisova, S.A. (2017) “Optimization of extraction parameters in water – monoalkylpolyethylene glycol – metal or ammonium chloride systems”, *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 7, no. 1, pp. 49–57. (In Russian).
  13. Denisova, S.A., Lesnov, A.E. and Mikheeva, M.N. (2016) “Application of water – synthanolALM-10 – ammonium sulfate system in extraction-photometric analysis”, *Bulletin of Perm University. Chemistry*, no. 2, pp. 55–62. (In Russian).
  14. Elokhov, A.M., Stankova, A.V. and Lesnov, A.E. (2020) “Quantitatively Assessing the Salting-Out Capacity of Inorganic Salts with Respect to Ethoxylated Surface-Active Substances”, *Russian Journal of Physical Chemistry A*, vol. 94, no. 8, pp. 1543–1548.
  15. Denisova, S.A., Kudryashova, O.S., Lesnov, A.E. and Popova, M.A. (2011) “Phase equilibria in water – potassium thiocyanate – sintanol DS-10 or sintanol ALM-10 systems”, *Bulletin of Perm University. Chemistry*, no. 3, pp. 83–87. (In Russian).
  16. 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 – oxyethylatednonylphenol – salting-out agent systems, *Russian Chemical Bulletin*, vol. 67, no. 9, pp. 1608–1611.
  17. Shvarcenbah, G. and Flashka, G. (1970), *Kompleksonometricheskoe titrovaniye* [Complexometric titration], Himiya, Moscow. (In Russian.).
  18. Denisova, S.A., Kudryashova, O.S., Elokhov, A.M. and Lesnov, A.E. (2019) “Solubility and Extraction of Metal Ions in the Potassium Bis(Alkylpolyoxyethylene)phosphate (or Alkylbenzyltrimethylammonium Chloride) – Potassium (or Ammonium) Thiocyanate – Water Systems at 25°C”, *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, vol. 64, no 6, pp. 810–814.

19. da Rocha Patricio, P., Mesquita, M.C., da Silva, L.H.M. and da Silva, M.C.H. (2011) "Application of aqueous two-phase systems for the development of a new method of cobalt (II), iron (III) and nickel (II) extraction: A green chemistry approach", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 193, pp. 311–318.

20. Shibukawa, M., Nakayama, N., Hayashi, T., Shibuya, D., Endo, Y. and Kawamura, S. (2001) "Extraction behaviour of metal ions in aqueous polyethylene glycol – sodium sulphate two-phase systems in the presence of iodide and thiocyanate ions", *Analytica Chimica Acta*, vol. 427, no. 2, pp. 293–300.

#### Об авторах

Валерия Андреевна Измestьева,  
студент, кафедры аналитической химии и экспертизы  
Пермский государственный национальный исследовательский университет  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.  
lera.izm321@yandex.ru

Александр Михайлович Елохов  
кандидат химических наук,  
доцент кафедры неорганической химии, химической технологии и техносферной безопасности Пермский государственный национальный исследовательский университет  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15  
<http://orcid.org/0000-0001-7868-4674>  
elhalex@yandex.ru

#### About the authors

Valeriya A. Izmeteva,  
Student, Department of Analytical Chemistry and Expertise,  
Perm State University  
15, Bukirevst., Perm, Russia, 614990.  
lera.izm321@yandex.ru

Aleksandr M. Elokhov,  
Candidate of Chemistry Sciences,  
Associate professor, Department of Inorganic Chemistry, Chemical Technology and Technosphere Safety,  
Perm State University  
15, Bukirevst., Perm, Russia, 614990  
<http://orcid.org/0000-0001-7868-4674>  
elhalex@yandex.ru

#### Информация для цитирования:

Измestьева В.А., Елохов А.М. Экстракция хлоридных и тиоцианатных ацидокомплексов металлов в системах высаливатель – моноалкилполиэтиленгликоль – вода // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2021. Т. 11, вып. 4. С. 244–253. DOI: 10.17072/2223-1838-2021-4-244-253.

Izmeteva V.A., Elokhov A.M. Extraction of chloride and thiocyanate acid complexes of metals in salting-out agent – monoalkylpolyethylene glycol – water systems, *Bulletin of Perm University. Chemistry*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 244–253. (In Russ.). DOI: 10.17072/2223-1838-2021-4-244-253.