

УДК 642.61:543.48:546.681

DOI: 10.17072/2223-1838-2018-3-300-308

Е.Ю. Чухланцева<sup>1</sup>, С.А. Денисова<sup>2</sup>, А.Е. Леснов<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Институт технической химии УрО РАН, Пермь, Россия

<sup>2</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

<sup>3</sup> Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь, Россия

### ЭКСТРАКЦИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ ФОТОМЕТРИЧЕСКИМИ РЕАГЕНТАМИ В СИСТЕМЕ ВОДА – КАТАМИН АБ – НИТРАТ АММОНИЯ

*Рассмотрено распределение некоторых ионов металлов в расслаивающейся системе вода – катамин АБ –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в присутствии красителей – ализаринкомплексона, сульфасазена, бром-пирогаллового красного, пирогаллового красного, 1-(2-пиридилазо)-2-нафтола, способных образовывать окрашенные комплексы с металлами. Показана возможность экстракционно-фотометрического определения свинца с пирогалловым красным и меди с пиридилазонафтолом.*

**Ключевые слова:** комплексообразование; экстракция; расслаивающиеся системы; катамин АБ; фотометрические реагенты

Е.Yu. Chukhlantseva<sup>1</sup> S.A. Denisova<sup>2</sup>, A.E. Lesnov<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Technical Chemistry UrB RAS, Perm, Russia

<sup>2</sup> Perm State University. Perm, Russia

<sup>3</sup> Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

### METAL IONS EXTRACTION BY PHOTOMETRIC REAGENTS IN WATER – CATAMINE AB – AMMONIUM NITRATE SYSTEM

*The distribution of some metal ions in the water – catamine AB –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  segregated system in the presence of dyes – alizarincomplexon, sulfarasazene, bromopyrogallic red, pyrogallic red, pyridylazonaphthol, capable of forming colored complexes with metals have been considered. The possibility of extraction-photometric determination of lead with pyrogallic red and copper with pyridylazonaphthol have been shown.*

**Keywords:** complexation; extraction; stratifying systems; catamine AB; photometric reagents

В гибридных экстракционно-фотометрических методиках определения ионов металлов, как правило, используются органические растворители, часто токсичные, пожароопасные, неприятно пахнущие вещества. Устранить этот недостаток можно используя экстракционные системы без растворителя, расслаивающиеся в результате химического взаимодействия между компонентами водного раствора [1] или гель-экстракцию поверхностно активными веществами [2].

Способность расслаивать водные растворы на две жидкие фазы характерна для ПАВ всех типов, в том числе катионогенных – катамина АБ [3], солей алкилпиридиния [4, 5] или смеси анионогенного и катионогенного ПАВ – додецилсульфата натрия с алкилпиридиний хлоридом [6] или оксифоса Б с катамином АБ [7]. Достоинствами этих систем являются: возможность извлечения веществ различной природы, достаточно высокая степень извлечения. Они отвечают принципам «Green chemistry», поскольку в системах отсутствуют токсичные, дорогие и легковоспламеняющиеся органические растворители. Помимо роли фазообразователя, катионные ПАВ (КПАВ) выступают в роли экстракционного реагента, образуя ионные ассоциаты с ацидокомплексами металлов. Расширить перечень извлекаемых ионов металлов можно дополнительным введением в систему органических комплексообразующих реагентов [8, 9]. Заметим, что совместное присутствие в экстракционной системе КПАВ и органического фотометрического реагента может привести к положительному эффекту за счет образования разнолигандного комплекса с ионом металла либо ассоциата реагента с ПАВ, что в ряде случаев позволяет улучшить такие важнейшие характеристики спектрофотометрических реакций как контрастность,

чувствительность, селективность, а так же повысить значение молярных коэффициентов светопоглощения комплексов металлов [10, 11].

Представляло интерес изучить комплексообразование ряда фотометрических реагентов с ионами металлов и экстракцию образовавшихся комплексов в системе вода – катамин АБ – нитрат аммония.

#### Экспериментальная часть

В работе использовали катионогенный ПАВ катамин АБ (алкилбензилдиметиламмоний хлорид,  $[C_nH_{2n+1}N(CH_3)_2CH_2C_6H_5]Cl$ , где  $n = 10-18$ ), 48 %-ный водный раствор (ТУ 9392-003-48482528-99). Свойства: прозрачная жидкость от бесцветного до желтого цвета,  $t_{с.воспл.} = 354^\circ C$ , ККМ = 0,01 % (мас.). Токсичность: порог разрушающего действия 0,5 %, ПДК = 0,1 мг/л.

Фотометрические реагенты квалификации «чда» вводили в экстракционную систему в виде 0,1 %-ного водного или спиртового раствора. Остальные реативы квалификации «хч» или «чда»

Спектрофотометрические исследования проводили на приборах ЮНИКО 1201 и СФ-2000. Кислотность раствора контролировали с помощью рН-метр-иономера Мультитест ИПЛ-101.

Определение состава извлекающихся комплексов металлов проводили методами насыщения и изомолярных серий. При использовании метода насыщения для определения соотношения  $L : M^{n+}$  помещали в делительные воронки соответствующие количества ПАВ, высаливателя, комплексообразующего реагента и различные количества соли металла. Общий объем системы доводили дистиллированной водой до 15 мл. Концентрацию иона металла в

органической фазе определяли фотометрическим методом.

Для определения состава комплекса методом изомолярных серий в делительные воронки вносили соответствующие количества соли металла, комплексообразующего реагента, катамина АБ, высаливателя и доводили объем системы до 15 мл дистиллированной водой. При этом суммарная молярная концентрация ионов металла и реагента должна была оставаться постоянной во всех случаях, а их концентрации – меняться в антибатных соотношениях. Концентрацию ионов металлов в органической фазе определяли фотометрическим методом.

### Результаты и их обсуждение

Для изучения экстракционных возможностей системы вода – катамин АБ – нитрат аммония рассмотрено распределение некоторых ионов металлов в присутствии красителей, образующих с ними окрашенные комплексы. Исследования проводили визуально, отмечая наблюдающиеся изменения окрашивания водной фазы и экстракта. Кроме этого измеряли рН равновесной водной фазы ( $pH_{\text{равн.в.ф.}}$ ). Значение исходного рН устанавливали исходя из справочных данных по комплексообразованию красителя с соответствующим ионом металла [12]. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Экстракция ионов металлов в системе вода – катамин АБ –  $NH_4NO_3$  в присутствии красителей ( $V_{\text{общ}} = 15$  мл;  $V_{\text{красителя}, 0,1\%} = 1$  мл)

| Реагент  | Металл | $pH_{\text{равн. в.ф.}}$ | $V_{\text{ф.П.АВ}},$<br>мл | Окраска           |                    |
|--|--------|--------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|
|  |        |                          |                            | фазы ПАВ          | водной фазы        |
| $V_{\text{ПАВ}} = 2,2$ мл; $m_{NH_4NO_3} = 0,33$ г |        |                          |                            |                   |                    |
| Ализарин-комплексон                                | -      | 4,96                     | 1,8                        | вишневая          | бесцветная         |
|  | In     | 1,69                     | 2,0                        | красно-оранжевая  | бесцветная         |
|  | Pb     | 4,71                     | 1,8                        | фиолетовая        | бесцветная         |
|  | Cu     | 4,95                     | 1,8                        | вишневая          | бесцветная         |
|  | Zn     | 4,83                     | 1,6                        | малиновая         | бесцветная         |
|  | -      | 9,45                     | 1,8                        | фиолетовая        | бесцветная         |
|  | Cd     | 9,34                     | 2,0                        | темно-фиолетовая  | бесцветная         |
| Sr   | 9,49   | 1,2                      | фиолетовая,                | бесцветная        |                    |
| Сульфарсазен                                       | -      | 9,5                      | 1,8                        | светло-вишневая   | бесцветная         |
|  | Zn     | 9,41                     | 1,8                        | оранжевая         | бесцветная         |
|  | Cd     | 9,58                     | 1,8                        | вишневая          | бледно-фиолетовая  |
|  | Hg     | 9,61                     | 1,8                        | красно-вишневая   | бесцветная, осадок |
|  | Pb     | 9,55                     | 0,8                        | желтая            | бесцветная, осадок |
| 1-(2-пиридилазо)-2-нафтол                          | -      | 5,6                      | 2,0                        | светло-оранжевая  | бесцветная         |
|  | Cu     | 5,63                     | 2,0                        | кирпично-красная  | бесцветная         |
| $V_{\text{ПАВ}} = 4$ мл, $m_{NH_4NO_3} = 0,67$ г   |        |                          |                            |                   |                    |
| Бромпирогалловый красный                           | -      | 4,85                     | 2,0                        | фиолетовая        | бесцветная         |
|  | Pb     | 4,83                     | 1,9                        | синяя             | бесцветная         |
|  | -      | 9,41                     | 2,0                        | грязно-фиолетовая | бесцветная         |
|  | Co     | 9,25                     | 2,0                        | грязно-синяя      | коричневая         |
|  | Cd     | 9,42                     | 1,9                        | темно-синяя       | бесцветная         |
| Пирогалловый красный                               | -      | 4,87                     | 2,0                        | вишневая          | бесцветная         |
|  | Pb     | 4,83                     | 2,0                        | фиолетовая        | бесцветная         |
|  | -      | 9,3                      | 1,9                        | грязно-красная    | бесцветная         |
|  | Co     | 9,21                     | 1,8                        | светло-желтая     | светло-фиолетовая  |

Как видно из табл. 1, введение в систему вода – катамин АБ –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  красителей не меняет соотношения фаз. Красители практически полностью переходят в фазу ПАВ, которая имеет интенсивную окраску, цвет ее определяется значением рН. Водная фаза бесцветна. При введении ионов металлов значение  $\text{pH}_{\text{равн.в.ф.}}$  несколько уменьшается, экстракт имеет интенсивную окраску, отличающуюся в большинстве случаев от окраски экстракта холстой пробы.

Анализ снятых при рН 9,34 и 4,83, спектров светопоглощения экстрактов ализаринкомплексона и его комплексов с металлами показал на низкую контрастность реакции, что делает эту систему непригодной для экстракционно-фотометрического метода. Это же можно сказать и о комплексах свинца с бромпирогалловым красным.

Нами отмечено, что максимум поглощения сульфарсазена при рН 9,5 на фоне воды находится при длине волны 420 нм, а его комплекса с кадмием и цинком, соответственно при 515 и 404 нм, что согласуется с литературными данными:  $\lambda_{\text{max}}$  для сульфарсазена 420 нм, его комплекса с кадмием и цинком 500–505 нм при рН 9,2 [13].

Анализ спектров светопоглощения, снятых при рН 4,83, показал перспективность дальнейшего изучения комплекса пирогаллового красного (ПК) со свинцом (рис. 1). Спектр светопоглощения ПК имеет 2 максимума при 330 и 510 нм. Максимум светопоглощения комплекса ПК со свинцом на фоне реагента находится при 600 нм. Контрастность реакции составляет 90 нм. Оптимальной длиной волны для определения свинца является 600 нм.

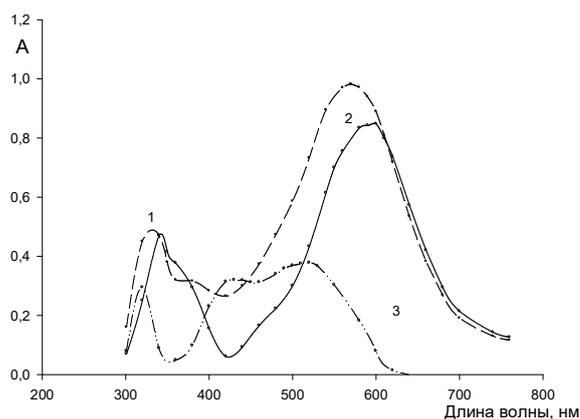


Рис. 1. Спектры светопоглощения растворов экстрактов, содержащих ПК и его комплекс со свинцом: 1 – комплекс на фоне воды; 2 – комплекс на фоне реагента; 3 – ПК на фоне воды (рН 4,83,  $l = 1$  мм, СФ-2000)

Оптические характеристики комплекса свинца с ПК в системе вода – катамин АБ –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  остаются стабильными в интервале рН 5–7. При рН более 7 максимум светопоглощения сдвигается в длинноволновую, а при рН менее 5 – в коротковолновую область. Методом изомольярных серий определен состав извлекаемого комплекса, соотношение  $\text{Pb} : \text{ПК}$  близко 1:2.

Для разработки экстракционно-фотометрического метода определения свинца построен градуировочный график. Для этого в градуированные пробирки вводили 4 мл ПАВ, 0,67 г  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 1 мл ацетатного буфера, соответствующее количество 0,01 моль/л  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , 1 мл 0,1 моль/л раствора ПК. Доводили дистиллированной водой до общего объема 15 мл и встряхивали в течение 2 минут. После разделения фаз экстракт переносили с помощью пипетки в кювету толщиной 1 мм и определяли оптическую плотность при 600 нм. Градуировочному графику соответствует уравнение прямой, полученное методом наименьших квадратов:

$$A = 0,2261 \cdot m_{\text{Pb}} - 0,0002 \quad (R^2 = 0,985).$$

График линеен в интервале содержания свинца от 0,5 до 3 мг. Рассчитанное значение коэффициента молярного поглощения – 8858.

**Экстракционно-фотометрическое определение меди (II) с 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом в системе вода – катамин АБ – нитрат аммония**

Из табл. 1 видно, что 1-(2-пиридилазо)-2-нафтол (ПАН) и его комплекс с медью (II) практически количественно концентрируются в экстракте. Экстракцию проводили в градуированных пробирках. Для определения оптической плотности экстракт переносили пипеткой в кювету 1 мм и фотометрировали. На рис. 2 представлены спектры светопоглощения экстрактов, содержащих ПАН и его комплексов с медью.

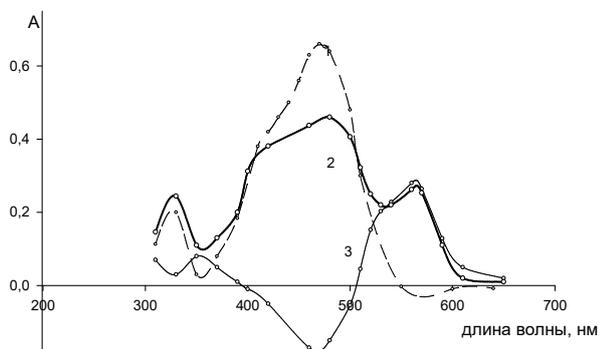


Рис. 2. Спектры светопоглощения экстрактов, содержащих ПАН и его комплекс с медью: 1 – ПАН на фоне воды; 2 – комплекс на фоне воды; 3 – комплекс на фоне реагента (рН 5,63, l = 1 мм, СФ-2000)

Максимум светопоглощения реагента находится при 480 нм. Спектр светопоглощения комплекса на фоне воды имеет два максимума, при 485 нм, отвечающий реагенту и при 560 нм, что соответствует комплексному соединению меди с ПАН и согласуется с литературными данными [14]. Контрастность реакции (разность между максимумами поглощения реагента и комплекса) составляет 80 нм.

Изучено влияние рН на извлечение меди. В качестве определяемого параметра использовали значение оптической плотности экстрактов. Исследования проводили в градуированных пробирках с вводом 1 мл 0,0005 моль/л раствора ПАН, 2 мл 0,0001 моль/л раствора CuSO<sub>4</sub> и разного количества растворов 1 моль/л раствора ацетата натрия и 1 моль/л раствора уксусной кислоты при сохранении общего объема системы 15 мл. Исследования показали, что оптимальным является интервал рН 3–5.

Методом изомолярных серий и методом насыщения определен состав извлекаемого комплекса меди с ПАН. Оба метода показали соотношение [Cu] : [ПАН] в экстрагируемом комплексе, равное 1:1.

Для разработки экстракционно-фотометрического метода определения меди построен градуировочный график (рис. 3). Для этого в градуированные пробирки вводили 2 мл ПАВ, 0,33 г NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, соответствующее количество раствора меди с T<sub>Cu</sub>=32 мкг/мл, 1 мл 0,001 моль/л спиртового раствора ПАН, довели дистиллированной водой до общего объема 15 мл и встряхивали в течение 2 минут. После разделения фаз экстракт переносили с помощью пипетки в кювету 1 мм и определяли оптическую плотность при 560 нм относительно раствора экстракта холостого опыта.

Градуировочному графику соответствует уравнение прямой линии, полученное методом наименьших квадратов:

$$A = 0,0544 \cdot m_{Cu} + 0,055 \quad (R^2 = 0,997).$$

График линеен до концентрации меди (II) в экстракте 32 мкг/мл. Рассчитанное значение коэффициента молярного поглощения 14460.

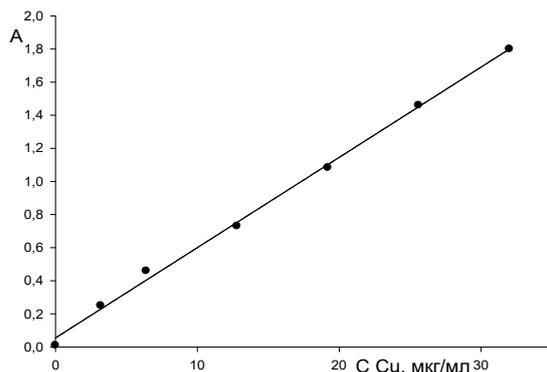


Рис. 3. Градуировочный график для экстракционно-фотометрического определения меди с ПАН в системе вода – катамин АБ –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ( $\lambda=560$  нм,  $l = 1$  мм, ЮНИКО 1201)

Изучение влияния посторонних элементов показало, что определению 32 мкг Си мешают однократные избытки никеля, железа (III), кобальта.

Методика апробирована на медьсодержащей сточной воде ФКП «Пермский пороховой завод». Исходное содержание меди в водной фазе контролировали на атомно-абсорбционном спектрофотометре iCE 3500 (табл. 2).

Таблица 2  
Анализ сточной воды

| Содержание меди в пробе, мкг* | $X_i$ | $\bar{X}$ | $\Delta X$ | $S_r$ |
|-------------------------------|-------|-----------|------------|-------|
| 12,5                          | 11,5  | 11,7      | 0,2        | 0,017 |
|                               | 11,8  |           |            |       |
|                               | 12,0  |           |            |       |
| 25                            | 23,2  | 22,9      | 0,3        | 0,012 |
|                               | 23    |           |            |       |
|                               | 22,5  |           |            |       |

\* - по данным ААС

Разработанная методика показала удовлетворительные результаты при анализе медьсодержащей сточной воды.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что экстракционная система вода – катамин АБ –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  имеют ряд преимуществ:

- повышается безопасность труда за счет исключения органических растворителей;

- используемые реагенты выпускаются промышленностью, доступны и недороги;

- на примере изучения комплексообразования меди с ПАН и свинца с ПК в системе вода – катамин АБ –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  показана перспективность использования системы для экстракционно-фотометрического определения меди и свинца.

### Библиографический список

1. Петров Б.И., Леснов А.Е., Денисова С.А. Фазовые и экстракционные равновесия в водных расслаивающихся системах с протолитическим взаимодействием // Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70, № 6. С. 563–576.
2. Леснов А.Е., Денисова С.А. Гель-экстракция поверхностно-активными веществами // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2014. Вып. 1 (13). С. 79–93.
3. Кудряшова О.С., Бортник К.А., Чухланцева и др. Растворимость в системах вода – катамин-АБ – хлориды щелочных металлов или аммония // Журнал неорганической химии. 2013. Т. 58, № 2. С. 290–293.
4. Dobashi Y., Murakami Y., Fujiwara I., et al. The separation of platinum (II) and palladium(II) by surfactant gel extraction (part II) // Solvent extraction research and development – Japan. 2009 Vol. 16. P. 133–138.
5. Murakami Y., Dobashi Y., Sasaki Y., et al. The separation of platinum(II), palladium(II) and rhodium(III) by surfactant gel extraction and an abnormal dependence of metal concentrations on the extractability of chloro-complexes into the cationic surfactant phase // Solvent ex-

- traction research and development – Japan. 2008. Vol. 15. P. 121–126.
6. 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.
7. Елохов А.М., Богомолов Н.В., Денисова С.А., и др. Фазовые равновесия и экстракция катионов металлов в системах на основе синергетических смесей бис(алкилполиоксиэтилен) фосфата калия и хлорида алкилбензилдиметиламмония // *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2018, № 2. С. 206–210.
8. Денисова С.А., Леснов А.Е., Останина Н.Н. Экстракция металлов в системе вода – калий бис(алкилполиоксиэтилен)фосфат – сульфат аммония с различными фотометрическими реагентами // *Журнал аналитической химии*. 2018. Т. 73, № 5. С. 352–357.
9. Денисова С.А., Леснов А.Е. Комплексообразование и гель-экстракция галлия с пирокатехиновым фиолетовым в расслаивающихся системах вода – ПАВ – неорганический высаливатель // *Вестник Пермского университета. Серия Химия*. 2017. Т. 7, вып. 1. С. 39–48.
10. Саввин С.Б., Чернова Р.К., Белоусова В.В., и др. О механизме действия катионных поверхностно-активных веществ в системах реагент – ион металла – ПАВ // *Журнал аналитической химии*. 1978. Т. 33, № 8. С. 1473.
11. Штыков С.Н. Поверхностно-активные вещества в анализе. Основные достижения и тенденции развития // *Журнал аналитической химии*. 2000. Т. 55, №7. С. 679.
12. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1979. 480 с.
13. Петрова Г.С., Ягодницын М.А., Лукин А.М. Сульфарсазен и его применение в анализе // *Заводская лаборатория*. 1970. Т. 36. № 7. С. 776–778.
14. Подчайнова В.Н., Симонова Л.Н. Медь. М.: Наука, 1990. 279 с.

### References

1. Petrov, B.I., Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2015), “Phase and extraction equilibriums in aqueous segregable systems with protolytic interaction”, *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 70, no 6, pp. 563–576. (In Russ.).
2. Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2014), "Surfactant gel extraction", *Bulletin of Perm University. Series "Chemistry"*, no. 1 (13). pp. 79–93. (In Russ.).
3. Kudryashova, O.S., Bortnik, K.A., Chukhlantseva, E.Yu., Denisova, S.A. and Lesnov A.E. (2013), “Solubility in the Water – Cationic AB – (Alkali Metal or Ammonium Chloride) Systems”, *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, vol. 58, no. 2, pp. 290–293. (In Russ.).
4. Dobashi, Y., Murakami, Y., Fujiwara, I., Abe, N. and Tagashira, S. (2009), “The separation of platinum(II) and palladium(II) by surfactant gel extraction (part II)”, *Solvent Extraction Research and Development – Japan*, vol. 16, pp. 133–138.
5. Murakami, Y., Dobashi, Y., Sasaki, Y., Fujiwara, I., Abe, N. and Tagashira, S. (2008), “The separation of platinum(II), palladium(II)

- and rhodium(III) by surfactant gel extraction and an abnormal dependence of metal concentrations on the extractability of chloro-complexes into the cationic surfactant phase”, *Solvent Extraction Research and Development – Japan*, vol. 15, pp. 121–126.
6. 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.
7. Elokhov, A.M., Bogomolov, N.V., Denisova, S.A., Kudryashova, O.S. and Lesnov, A.E. (2018), “Phase equilibria and extraction of metal cations in the systems based on synergistic mixtures of potassium bis(alkylpolyoxyethylene)phosphate and alkylbenzyltrimethylammonium chloride”, *Russian Chemical Bulletin*, vol. 67, no. 2, pp. 206–210. (In Russ.)
8. Denisova, S.A., Lesnov, A.E. and Ostanina, N.N. (2018), “Extraction of metals in a water – Potassium bis(alkylpolyoxyethylene)phosphate – ammonium sulfate system with various photometric reagents”, *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 73, no. 5, pp. 352–357. (In Russ.)
9. Denisova, S.A. and Lesnov, A.E. (2017) “Complexation and gel-extraction of gallium with pyrocatechin violet in the water – surfactant – inorganic salting out layered systems”, *Bulletin of Perm University. Series “Chemistry”*, vol. 7, no. 1, pp. 39–48. (In Russ.)
10. Savvin, S.B., Chernova, R.K., Belousova, V.V., Sukhova, L.K. and Shtykov, S.N. (1978), “On the mechanism of action of cationic surfactants in the reagent – ion metal – surfactant systems”, *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 33, no. 8, pp. 1473. (In Russ.)
11. Shtykov, S.N. (2000), “Surfactants in the analysis. Main achievements and tendencies of development”, *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 55, no. 7, pp. 679. (In Russ.)
12. Lur'ye, Yu.Yu. (1979), *Spravochnik po analiticheskoj khimii* [Reference Book on Analytical Chemistry], Khimiya, Moscow, Russia.
13. Petrova, G.S., Yagodnitsyn, M.A. and Lukin, A.M. (1970), “Sulfarsazen and its application in the analysis”, *Industrial Laboratory*, vol. 36, no. 7, pp. 776–778. (In Russ.)
14. Podchaynova, V.N. and Simonova, L.N. (1990), *Med'* [Copper], Nauka, Moscow, Russia

### Об авторах

Чухланцева Елена Юрьевна,  
кандидат химических наук,  
Институт технической химии УрО РАН,  
614013. Пермь, ул. Королева, 3

Денисова Светлана Александровна,  
кандидат химических наук, доцент кафедры  
аналитической химии и экспертизы,  
ФГБОУ ВО «Пермский государственный  
национальный исследовательский универси-  
тет», 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.  
sw.denisova@yandex.ru

Леснов Андрей Евгеньевич,  
доктор химических наук, Пермская государ-  
ственная сельскохозяйственная академия,  
614000. Пермь, ул. Петропавловская, 23  
lesnov\_ae@mail.ru

### About authors

Chukhlantseva Elena Yur'evna,  
Candidate of Chemical Sciences,  
Institute of Technical Chemistry of the Ural  
Branch of the Russian Academy of Sciences  
3, Koroleva st., Perm, Russia, 614013

Denisova Svetlana Aleksandrovna,  
Candidate of Chemical Sciences, Associate  
Professor, Department of Analytical Chemistry  
and expertise,  
Perm State University. 15, Bukireva st.,  
Perm, Russia, 614990.  
sw.denisova@yandex.ru

Lesnov Andrey Evgenevich,  
Doctor of Chemical Sciences,  
Perm State Agricultural Academy,  
23 Petropavlovskaya st., Perm, 614000.  
lesnov\_ae@mail.ru

### Информация для цитирования

Чухланцева Е.Ю., Денисова С.А., Леснов А.Е. Экстракция ионов металлов фотометрически-  
ми реагентами в системе вода – катамин АБ – нитрат аммония // Вестник Пермского университета.  
Серия «Химия». 2018. Т. 8, вып. 3. С. 300–308. DOI: 10.17072/2223-1838-2018-3-300-308.

Chukhlantseva E Iu Denisova S A Lesnov A E *Ekstraktsiia ionov metallov fotometricheski reagentami v sisteme voda katamin AB nitrat ammoniia* [Metal ions extraction by photometric reagents in water – catamine AB – ammonium nitrate system] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2018. Vol. 8. Issue 3. P. 300–308 (in Russ.). DOI: 10.17072/2223-1838-2018-3-300-308.