

УДК 642.61:547.775:541.123

DOI: 10.17072/2223-1838-2017-3-322-331

С.А. Денисова<sup>1</sup>, А.Е. Леснов<sup>2,3</sup>, А.В. Головкина<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

<sup>2</sup> Пермская государственная сельскохозяйственная академия, Пермь, Россия

<sup>3</sup> Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия

### ЭКСТРАКЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АНТИПИРИНА В РАССЛАИВАЮЩИХСЯ СИСТЕМАХ ВОДА – ПАВ – ВЫСАЛИВАТЕЛЬ

*Рассмотрена возможность применения антипирина для экстракционного извлечения ряда ионов металлов, с использованием расслаивающихся под действием неорганических высаливателей систем на основе промышленно выпускаемых ПАВ: неионных – синтамида-5 и синтамида-5к; анионных – алкилсульфатов и алкилсульфонатов и оксифоса Б.*

**Ключевые слова:** экстракция; расслаивающиеся системы; поверхностно-активные вещества; антипирин

S.A. Denisova<sup>1</sup>, A.E. Lesnov<sup>2,3</sup>, A.V. Golovkina<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Perm State University, Perm, Russia

<sup>2</sup> Perm State Agricultural Academy, Perm, Russia

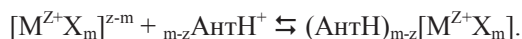
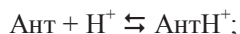
<sup>3</sup> Institute of Technical Chemistry, Perm, Russia

### EXTRACTION OPPORTUNITIES OF ANTIPIRYNE IN WATER – SURFACTANT – SALTING OUT STRATIFYING SYSTEMS

*The possibility of using antipyrine for extraction of a number of metal ions have been considered, using systems that are segregated under the influence of inorganic salting-out agents on the basis of commercially available surfactants: non-ionic – sinthamide-5 and synthamide-5k; anionic – alkyl-sulfates and alkylsulfonates and oxyphos B.*

**Keywords:** extraction; stratifying systems; surfactants; antipyrine

Как известно антипирин (Ант) обладает высокой комплексообразующей способностью по отношению к ионам металлов, однако, из-за очень высокой растворимости в воде он не нашел широкого применения в традиционной экстракции, основанной на распределении веществ между двумя не смешивающимися растворителями [1]. Наиболее ярко экстракционная способность антипирина проявилась в системах, расслаивающихся в результате протолитического взаимодействия между компонентами [2]. В этих системах Ант является не только участником фазообразования, но и выступает в роли комплексанта ионов металлов. В кислых средах катион антипириния с анионами, в том числе металлокомплексными, образует ионные ассоциаты:



В нейтральной или слабокислой средах образуются координационные комплексы:



Достаточно подробно изучены фазовые равновесия и экстракция в расслаивающихся системах, образованных водой, Ант и различными органическими кислотами: монохлоруксусной [3], сульфосалициловой [4], нафталин-2-сульфо [5], пирокатехином [6] и др. [7].

Другим типом нетрадиционных экстракционных систем без органического растворителя являются системы на основе ПАВ, расслаивающиеся под действием высаливателей [8]. Расслаивание под действием неорганических солей и кислот характерно для водных растворов ПАВ всех типов – анионных, катионных и неионных. Достоинствами этих систем являются: возможность извлечения веществ различной

природы, достаточно высокая степень извлечения, отсутствие токсичных, дорогих и легко воспламеняющихся органических растворителей. Помимо роли фазообразователя, в ряде случаев ПАВ выступают и как экстракционные реагенты, протонированные формы которых образуют ионные ассоциаты с ацидокомплексами металлов [9]. Расширить перечень извлекаемых ионов металлов можно дополнительным введением в систему органических комплексообразующих реагентов [10–14]. Экстракционные системы на основе ПАВ отвечают принципам «Green chemistry», в связи с чем, представляло интерес изучить влияние Ант на их свойства.

#### Экспериментальная часть

В работе использованы неионные ПАВ синтаид-5 и синтаид-5к ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CONHCH}_2\text{CH}_2\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_m\text{H}$ , где  $n=10-16$ ,  $m=5-6$  и  $n=7-17$ ,  $m=5-6$  соответственно (полиэтиленгликолевые эфиры моноэтаноламидов синтетических жирных кислот, N-моно-(2-полиэтиленгликольэтил)амид СЖК; ТУ 2483-064-05807977-2003), анионные ПАВ оксифос Б ( $[\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_m]_2\text{POOK}$ ,  $n=8-10$ ,  $m=6$  калий бис-(алкилполиоксоэтилен)-фосфат; ТУ 2484-344-05763441-2001), триэтаноламиновые соли алкилсульфатов ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OSO}_3\text{NH}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_3$ , где  $n=10-18$ ). Раствор железа (III) 0,1 моль/л готовили из  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  квалификации «ч» на 0,1 моль/л  $\text{HCl}$ . Ант фармакопейный 2 моль/л раствор. Остальные реактивы квалификации «чда» или «хч».

Изучение влияния кислотности среды на фазовое состояние системы проводили в градуированных пробирках с притертыми пробками. Для этого вносили определенные коли-

чества ПАВ и высаливателя, соответствующее количество кислоты, доводили объем дистиллированной водой до 20 мл и встряхивали в течение минуты. После установления равновесия определяли соотношение объемов фаз и измеряли  $pH_{равн}$  водной фазы.

Экстракцию проводили в делительных воронках, в которые помещали соответствующие количества растворов ПАВ и высаливателя, 2,0 мл 2,5 моль/л раствора Ант, 2 мл 0,1 моль/л раствора соли соответствующего металла, создавали необходимую кислотность добавлением растворов кислоты и доводили общий объем системы до 20 мл дистиллированной водой. Распределение ионов металлов между фазами изучали комплексометрически. Так было выявлено, что преимуществом систем вода – ПАВ – высаливатель является способность экстракта растворяться в воде. Поэтому для определения содержания иона металла в экстракте последний количественно переносили в колбу для титрования, добавляли 50–70 мл дистиллированной воды, устанавливали необходимое значение pH и находили количество извлеченного металла комплексометрически.

Концентрацию ПАВ и высаливателя в системах выбрали на основе анализа ранее опубликованных диаграмм растворимости. В системах с синтамидом-5 (синтамидом-5к) и хлоридом [15] или сульфатом аммония [16] использовали смесь с содержанием воды 85 % и соотношением ПАВ : соль = 1:1. В системе вода – синтамид-5 – HCl [17] выбрана смесь, содержащая 92,5 % воды с соотношением ПАВ: 35 % HCl = 1:1.

## Системы вода – синтамид-5

### (или синтамид-5к) – высаливатель

Влияние Ант на экстракционные свойства систем вода – синтамид-5 (или синтамид-5к) – высаливатель изучено на примере извлечения железа (III). В системе вода – синтамид-5 – хлорид аммония при концентрации HCl 2,0 моль/л экстракция железа (III) не превышает 40 % (рис. 1). В системе синтамид-5к –  $(NH_4)_2SO_4$  –  $H_2O$  при концентрации хлороводородной кислоты 2,5 моль/л степень извлечения железа (III) составляет 31,3%. Дальнейшее повышение кислотности приводит к гомогенизации системы.

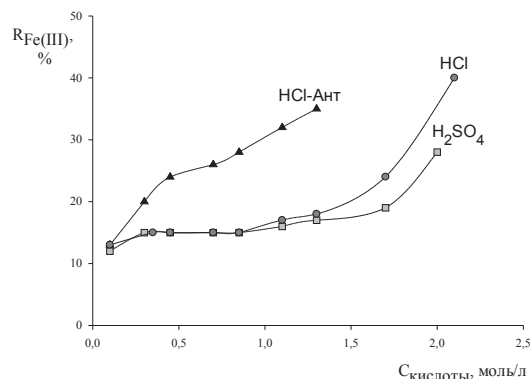


Рис. 1. Зависимость степени извлечения  $1 \cdot 10^{-4}$  моль ионов Fe (III) от концентрации  $H_2SO_4$  и HCl, а также в присутствии антипирина в системе вода – синтамид-5 –  $NH_4Cl$

Введение в систему вода – синтамид-5 (или синтамид-5к) – хлорид аммония 2,0 мл 2,5 моль/л раствора антипирина сокращает интервал концентраций HCl, в котором существует область расслаивания, до 0,5 моль/л (синтамид-5) и 1,2 моль/л (синтамид-5к). В присутствии Ант объем второй жидкой фазы практически не меняется. Фаза ПАВ представляет подвижную жидкость, находящуюся над водной фазой. Наличие в системе 0,01 моль/л железа (III) расширяет интервал кислотности существования области двухфазного равновесия до 1,5–2,0 моль/л, однако этого недостаточно

для количественного извлечения. При этом степень извлечения железа (III) примерно на 20 % больше, чем в системе без Ант.

В системе вода – синтаמיד-5 – HCl степень извлечения железа (III) составляет 32,3 % при концентрации хлороводородной кислоты 3,0 моль/л, дальнейшее повышение кислотности приводит к гомогенизации системы (рис. 2). Введение в систему 2 мл 2,5 моль/л раствора Ант расширяет интервал концентраций HCl, при котором наблюдается расслаивание до 3,5 моль/л. Фаза ПАВ представляет достаточно подвижную жидкость, находящуюся над водной. В присутствии антипирина железо (III) извлекается лишь на 48 % при 3,0 моль/л HCl.

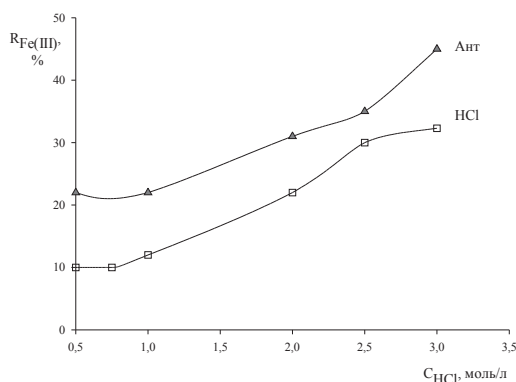


Рис. 2. Экстракция  $1 \cdot 10^{-4}$  моль ионов Fe (III) в системе вода – синтаמיד-5 – HCl и в присутствии Ант

Из других ионов следует отметить экстракцию таллия (III), который количественно извлекается из 3 моль/л растворов HCl (рис. 3).

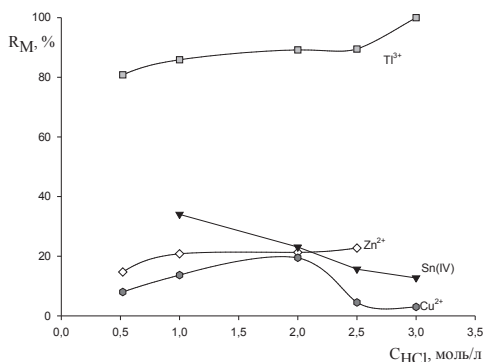


Рис. 3. Распределение  $1 \cdot 10^{-4}$  моль ионов металлов в системе вода – синтаמיד-5 – HCl – Ант

Таким образом, несмотря на некоторое увеличение извлечения ионов металлов, применение Ант в системах на основе синтамидов оказалось малоэффективным. Введение Ант сужает интервал концентраций неорганических кислот, в котором существует область расслаивания. При этом интервал кислотности количественного извлечения таллия (III) достаточно узкий.

### Системы на основе анионных ПАВ, содержащих сульфогруппу

Ранее были изучены экстракционные возможности расслаивающихся систем вода – алкилсульфаты или алкилсульфонаты – неорганический высаливатель [18]. В присутствии антипирина интервал кислотности, в котором существуют области расслаивания в системах вода – алкилсульфонат –  $NH_4NO_3$  и вода – триэтаноламиновые соли алкилсульфатов –  $NH_4Cl$  расширяется, при этом фаза ПАВ становится прозрачной. Экстракция ионов металлов увеличивается в обеих системах, однако ни для одного из изученных элементов подобрать условия количественного извлечения не удалось. Максимальная степень извлечения в системе с алкилсульфонатом наблюдается для ионов таллия (III) из хлоридных растворов – 90 %. В системе с триэтаноламиновыми солями алкилсульфатов в отсутствие кислоты экстракция ионов скандия достигает 75 %. Максимально достигнутая степень извлечения ионов металлов из растворов хлороводородной кислоты составила для систем с волгонатом и сульфонолом соответственно: для железа (III) – 42 и 60 %; таллия (III) – 88 и 96 %; галлия – 95 и 95 %.

Достаточно высокая экстракционная эффективность системы вода – сульфол – HCl в присутствии Ант была подтверждена на примере извлечения таллия (III) сульфолом на основе керосиновой фракции нефти, который извлекается количественно (>99 %) в интервале концентраций 0,14–1,4 моль/л HCl [19]. Экстракция меди (II) с Ант в этой системе не превышает 42 %.

#### Системы вода – оксифос Б – сульфат аммония

Достоинством системы вода – оксифос Б – сульфат аммония является сохранение области расслаивания без изменения соотношения фаз в широком интервале концентраций неорганических кислот и аммиака [20]. По диаграмме растворимости [21], выбрана фазовая область с оптимальным соотношением компонентов для использования в экстракции. Смесь имеет следующий состав, мас. %: вода – 75,0; оксифос Б – 12,5; (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 12,5. При этих соотношениях система имеет устойчивую область двухфазного жидкого равновесия, которая сохраняется при увеличении общего объема до 33 мл.

Обе фазы прозрачные, pH<sub>равн</sub> нейтрален (7,02). Фаза ПАВ находится над водной фазой, при общем объеме системы 15 мл ее объем составляет 3 мл.

Изучение влияния Ант на фазовое состояние системы вода – оксифос Б – (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> проводили в градуированных пробирках с притертыми пробками. Общий объем системы поддерживали равным 20 мл при постоянных количествах сульфата аммония и оксифоса Б (3,8 мл 40 %-ного раствора и 3,6 мл 50 %-ного раствора соответственно). При всех количествах Ант фаза ПАВ является подвижной и прозрачной, при этом ее объем остается практически постоянным (табл. 1). Поскольку для экстракции 0,01 моль/л растворов ионов металлов чаще всего бывает достаточно десятикратного избытка реагента, то для дальнейших исследований использовать концентрацию Ант выше 0,2 моль/л нецелесообразно. В присутствии 0,2 моль/л Ант область расслаивания системы сохраняется в широком интервале концентраций неорганических кислот – до 4 моль/л.

Таблица 1

Зависимость фазового состояния системы H<sub>2</sub>O – оксифос Б – (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> от концентрации Ант (V<sub>общ.</sub> = 20 мл, m((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = 1,9 г, m<sub>ПАВ</sub> = 1,9 г)

C <sub>Ант</sub> , моль/л	V <sub>ф.ПАВ</sub> , мл	pH <sub>равн.в.ф.</sub>
0	4,0	5,91
0,1	3,8	5,88
0,2	3,8	5,88
0,3	4,0	5,89
0,4	4,0	5,93
фаза ПАВ окрашена в бледно-желтый цвет, водная фаза не окрашена		

С целью оценки экстракционных возможностей Ант в системе вода – оксифос Б – сульфат аммония изучено распределение 2·10<sup>-4</sup> моль ионов Cu (I), Fe (III) и Sc в зависимости от концентрации хлороводородной кислоты (рис. 4). Экстракцию ионов металлов изучали,

помещая в делительные воронки по 3,8 мл 40 %-ного раствора сульфата аммония, 3,6 мл 50 %-ного раствора оксифоса Б, 2 мл 2 моль/л Ант, и 2 мл 0,1 моль/л раствора соли металла, после этого добавляли соответствующее количество HCl. Доводили общий объем системы

до 20 мл дистиллированной водой и встряхивали 1 мин. После установления равновесия определяли степень извлечения ионов металлов комплексометрически по содержанию в водной фазе и экстракте.

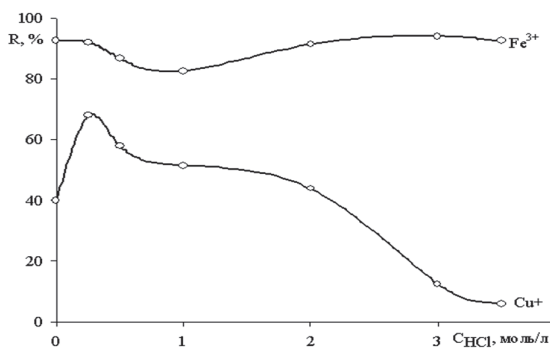


Рис. 4. Распределение  $2 \cdot 10^{-4}$  моль ионов  $Cu(I)$  и  $Fe(III)$  в системе вода – оксифос Б –  $(NH_4)_2SO_4$  – Ант –  $HCl$

Экстракция скандия, точно так же, как и в отсутствие Ант, сопровождалась выделением белого пенообразного осадка, который флотируется в фазу ПАВ. Как видно из рис. 3, характер кривой извлечения железа (III) позволяет предположить наличие двух механизмов экстракции. При отсутствии  $HCl$  или при ее невысоких концентрациях реализуется координационный механизм, при концентрациях кислоты выше 2 моль/л преобладает анионообменный механизм экстракции. Следует отметить, что при концентрации кислоты выше 3,5 моль/л система становится гомогенной. Добавление в систему Ант увеличивает степень извлечения железа (III) из кислых растворов с 80 до 91 %. При этом характер кривой извлечения не меняется. Введение Ант практически не меняет вид кривой извлечения меди (I), она также проходит через максимум ( $R = 68\%$ ), что полностью совпадает с результатами по экстракции меди без добавки Ант [22].

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что в системе  $H_2O$  – оксифос Б –  $(NH_4)_2SO_4$  – Ант –  $HCl$  реализуется два механизма экстракции: жесткие по классификации Пирсона катионы – трехзарядные скандий и железо извлекаются по координационному механизму, а для металлов, способных извлекаться в виде ацидокомплексов ( $Fe(III)$ ,  $Cu(I)$ ), реализуется анионообменный механизм экстракции. Подобный характер кривых извлечения, присутствие белого осадка при экстракции скандия, флотирующегося в фазу ПАВ, свидетельствуют, что в присутствии Ант оксифос Б участвует в комплексообразовании, а не только выполняет роль фазообразователя.

По сравнению с системами с химическим взаимодействием, такими, как вода – Ант – нафталин-2-сульфокислота (или пирокатехин, или монохлоруксусная кислота) изученные системы на основе ПАВ обладают более низкими экстракционными возможностями.

#### Библиографический список

1. Петров Б.И., Рогожников С.А. Антипирин как аналитический реагент // Органические реагенты в аналитической химии. Пермь, 1985. С. 3–9.
2. 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.
3. Яковлева Т.П., Петров Б.И., Афанасьева Н.Ю., и др. Фазовые равновесия в четырехкомпонентной системе вода – антипирин – монохлоруксусная кислота – монохлорацетат натрия при  $20^\circ C$  // Журнал общей химии. 1995. Т. 65, № 2. С. 177–179.

4. Петров Б.И., Калиткин К.В., Наземцева К.А. Экстракционная система без органического растворителя вода – антипирин – сульфосалициловая кислота // Изв. АлтГУ. 2013. Вып. 3/2 (79). С. 198–208.
5. Петров Б.И., Денисова С.А., Леснов А.Е., и др. Межфазное распределение некоторых элементов в системе вода – антипирин – нафталин-2-сульфо кислота // Известия вузов. Химия и хим. технология. 1999. Т. 42, № 1. С. 21–23.
6. Денисова С.А., Кудряшова О.С., Леснов А.Е., и др. Фазовые и экстракционные равновесия в системе антипирин – пирокатехин – вода // Журнал общей химии. 2007. Т. 77, № 11. С. 1794–1798.
7. Петров Б.И., Леснов А.Е., Денисова С.А. Фазовые равновесия и распределение элементов в системах вода – антипирин – органическая кислота // Известия Алтайского государственного университета. 2003. № 3 (29). С. 28–36.
8. Леснов А.Е., Денисова С.А. Гель-экстракция поверхностно-активными веществами // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2014. Вып. 1(13). С. 79–93.
9. Леснов А.Е., Денисова С.А., Кудряшова О.С., и др. Применение расслаивающихся систем вода – поверхностно-активное вещество – высаливатель для целей экстракции // Журнал прикладной химии. 2010. Т. 83, № 8. С. 1379–1382.
10. Денисова С.А., Леснов А.Е., Чухланцева Е.Ю. Экстракция фотометрических реагентов в системе вода – катамин АБ – хлорид натрия // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2013. Вып. 1 (9). С. 47–54.
11. Денисова С.А., Леснов А.Е., Бочарова Е.А., и др. Экстракция ионов металлов в системе вода – оксифос Б – сульфат аммония в присутствии ацетилацетона // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2014. Вып. 3 (15). С. 86–93.
12. Денисова С.А., Леснов А.Е., Кудряшова О.С., и др. Применение расслаивающейся системы вода – оксифос Б – сульфат магния для экстракции органических красителей и их комплексов с ионами металлов // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2015. Вып. 1 (17). С. 23–29.
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. Вып. 2 (22). С. 55–52.
14. 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.
15. Леснов А.Е., Головкина А.В., Кудряшова О.С., и др. Фазовые и экстракционные равновесия в системах вода – полиэтиленгликолевые эфиры моноэтаноламидов синтетических жирных кислот – хлорид аммония // Журнал физической химии. 2016. Т. 90, № 8. С. 1200–1204.
16. Головкина А.В., Кудряшова О.С., Леснов А.Е., и др. Фазовые и экстракционные равновесия в системе вода – синтаמיד-5 или синтаמיד-5к – сульфат аммония // Журнал физической химии. 2013. Т. 87, № 9. С. 1518–1521.
17. Леснов А.Е., Головкина А.В., Кудряшова О.С., и др. Двухфазные водные системы на основе полиэтиленгликолевых эфиров моноэтаноламидов синтетических жирных кислот и неорганических высаливателей // Химия в интересах

- устойчивого развития. 2016. Т. 24, № 1. С. 29–33.
18. Леснов А.Е., Кудряшова О.С., Денисова С.А. Фазовые и экстракционные равновесия в системах вода – алкилсульфонаты – неорганический высаливатель // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2011. Вып. 1(1). С. 71–75.
  19. Заболотных С.А., Денисова С.А. Изучение водных расслаивающихся систем на основе сульфанола // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2014. № 1(13). С. 50–57.
  20. Кудряшова О.С., Останина Н.Н., Леснов А.Е., и др. Фазовые равновесия в системах вода – оксифос Б – неорганический высаливатель // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2013. Вып. 2 (10). С. 9–15.
  21. Кудряшова О.С., Мохнаткина Н.Н., Леснов А.Е., и др. Фазовые равновесия в системах вода – сульфаты щелочных металлов или аммония – оксифос-Б // Журнал неорганической химии. 2010. Т. 55. № 10. С. 1712–1714.
  22. Денисова С.А., Останина Н.Н., Леснов А.Е., и др. Экстракционные возможности расслаивающейся системы вода – оксифос Б – сульфат натрия // Химия в интересах устойчивого развития. 2013. № 5. С. 475–478.
  3. Yakovleva T.P., Petrov B.I., Afanaseva N.Y., Lesnov A.E., Rogozhnikov S.I. (1995) "Phase equilibria in water – antipyrine – monocloroacetic acid – sodium monocloroacetate system at 20 degrees C", *Zhurnal obshchei khimii*. Vol. 65, no 2. pp. 177–179.
  4. Petrov, B.I., Kalitkin, K.V. and Nazemtseva, K.A. (2013) "Extraction system without organic solvent water – antipyrine – sulfosalicylic acid", *Izvestiya Altay State University*. Vol. 3/2 (79). pp. 198–208. (In Russ.).
  5. Petrov, B.I., Denisova, S.A., Lesnov, A.E. and Shestakova, G.E. (1999) "Interphase distribution of some elements in the water – antipyrine – naphthalene-2-sulfonic acid system", *Izvestiya Vuzov. Khimiya i khim. tekhnologiya*. Vol. 42, no 1. pp. 21–23. (In Russ.).
  6. Denisova S.A., Kudryashova O.S., Lesnov A.E. and Sazonova E.A. (2007) "Phase and Extraction Equilibria in the Antipyrin – Pyrocatechol – Water System", *Russian Journal of General Chemistry*. Vol. 77, no. 11. pp. 1855–1858. (In Russ.).
  7. Petrov, B.I., Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2003) "Phase equilibria and distribution of elements in water – antipyrine – organic acid systems" *Izvestiya Altay State University*, no 3 (29). pp. 28–36. (In Russ.).
  8. 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.).
  9. Lesnov, A.E., Denisova, S.A., Kudryashova, O.S., Chepkasova, A.V., Kataeva, E.Y. and Mokhnatkina N.N. (2010) "Use of Water – Surfactant – Salting-out agent Stratifying Systems for Extraction Purposes", *Russian Journal of Applied Chemistry*. Vol. 83, no 8. pp. 1485–1488. (In Russ.).
  10. Denisova, S.A., Lesnov, A.E. and Chukhlanceva, E.Yu. (2013) "Extraction of photometric reagents in the water – katamine AB

### References

1. Petrov, B.I., Rogozhnikov, S.A. "Antipyrine as an analytical reagent", *Organic reagents in analytical chemistry*. Perm. 1985. pp. 3–9. (In Russ.).
2. 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.



- sodium chloride system", *Bulletin of Perm University. Series Chemistry*. no 1 (9). pp. 47–54. (In Russ.).
11. Denisova, S.A., Lesnov, A.E., Bocharova, E.A. and Ostanina, N.N. (2014) "Extraction of metal ions in the water – oxyphos B – ammonium sulfate system in the presence of acetylacetone", *Bulletin of Perm University. Series Chemistry*. no 3 (15). pp. 86–93. (In Russ.).
  12. Denisova, S.A., Lesnov, A.E., Kudryashova, O.S., Nekrasova, V.V., Ostanina, N.N. and Bortnik, K.A. (2015) "Application of the water – oxyphos B – magnesium sulfate layered system for the extraction of organic dyes and their complexes with metal ions", *Bulletin of Perm University. Series Chemistry*. no. 1 (17). pp. 23–29. (In Russ.).
  13. Denisova, S.A., Lesnov, A.E. and Mikheeva, M.N. (2016) "Application of the water – syntanol ALM-10 – ammonium sulfate system in extraction-photometric analysis", *Bulletin of Perm University. A series of chemistry*. no. 2 (22). pp. 55–52. (In Russ.).
  14. Denisova, S.A. and Lesnov, A.E. (2017) "Complexation and gel-extraction of gallium with pyrocatechin violet in the water – surfactant – inorganic salting out separation systems", *Bulletin of Perm University. A series of chemistry*. vol. 7. no 1. pp. 39–48. (In Russ.).
  15. Lesnov, A.E., Golovkina, A.V., Kudryashova, O.S. and Denisova, S.A. (2016) "Phase and extraction equilibria in water – polyethelenglycol ethers of monoethanolamides of synthetic acid – ammonium chloride systems", *Russian Journal of Physical Chemistry A*. Vol. 90, no 8, pp. 1585–1589.
  16. Golovkina, A.V., Kudryashova, O.S., Lesnov, A.E. and Denisova S.A. (2013) "Phase and Extraction Equilibria in Water – Syntamide 5 – Ammonium Sulfate and Water – Syntamide 5k – Ammonium Sulfate Systems" *Russian Journal of Physical Chemistry. A*. Vol. 87. no 9. pp. 1502–1505.
  17. Lesnov, A.E., Golovkina, A.V., Kudryashova, O.S. and Denisova, S.A. (2016) "Two-phase aqueous systems based on polyethylene glycol ethers of monoethanolamides of synthetic fatty acids and inorganic salting out agents", *Chemistry for Sustainable Development*. Vol. 24. no. 1. pp. 29–33. (In Russ.).
  18. Lesnov, A.E., Kudryashova, O.S. and Denisova, S.A. (2011) "Phase and extraction equilibria in water – alkyl sulfonates – inorganic salting out systems", *Bulletin of Perm University. Series Chemistry*. no 1(1). pp. 71–75. (In Russ.).
  19. Zabolotnykh, S.A. and Denisova, S.A. (2014) "The study of aqueous stratifying systems based on sulfonol", *Bulletin of Perm University. A series of chemistry*, no. 1 (13). pp. 50–57. (In Russ.).
  20. Kudryashova, O.S., Ostanina, N.N., Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2013) "Phase equilibria in water – oxyphos B – inorganic salting out systems" *Bulletin of Perm University. Series Chemistry*. vol. 2 (10). pp. 9–15. (In Russ.).
  21. Kudryashova, O.S., Mokhnatkina, N.N., Lesnov, A.E. and Denisova S.A. (2010) "Phase Equilibria in Water – Alkali Metal (Ammonium) Sulfate – Oxifos B Systems". *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. vol. 55, no 10. pp. 1617–1619.
  22. Denisova, S.A., Ostanina, N.N., Lesnov, A.E. and Kudryashova O.S. (2013) "Extraction capabilities of the water – oxyphos B – sodium sulfate stratifying system" *Chemistry for Sustainable Development*, no. 5. pp. 475–478. (In Russ.).

**Об авторах**

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

Леснов Андрей Евгеньевич,  
доктор химических наук, профессор  
кафедры экологии  
ФГБОУ ВО «Пермская государственная  
сельскохозяйственная академия»  
614000, Пермь, ул. Петропавловская, 23  
lesnov\_ae@mail.ru

Головкина Анна Владимировна,  
кандидат химических наук  
Институт технической химии УрО РАН  
614013, Пермь, ул. Академика Королева, 3

**About the authors**

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

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

Golovkina Anna Vladimirovna,  
Candidate of Chemical Sciences,  
Institute of Technical Chemistry,  
Ural Branch of RAS  
614013, Perm, Akademika Koroleva st., 3

**Информация для цитирования**

Денисова С.А., Леснов А.Е., Головкина А.В. Экстракционные возможности антипирина в расслаивающихся системах вода – ПАВ – высаливатель // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2017. Т. 7. Вып. 3. С. 322–331. DOI: 10.17072/2223-1838-2017-3-322-331

Denisova S.A., Lesnov A.E., Golovkina A.V. *Ekstraktsionnye vozmozhnosti antipirina v rasslaivaiushchikhsia sistemakh voda – PAV – vysalivatel* [Extraction opportunities of antipyrine in water – surfactant – salting out stratifying systems] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2017. Vol. 7. Issue 3. P. 322–331. (In Russ.). DOI: 10.17072/2223-1838-2017-3-322-331