

УДК 542.61:547.775:546.723

DOI: 10.17072/2223-1838-2017-1-28-38

А.А. Алексеева, Н.Д. Бородулина, М.И. Дегтев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ОБ ЭКСТРАКЦИИ МАКРОКОЛИЧЕСТВ ЖЕЛЕЗА (III) В РАССЛАИВАЮЩИХСЯ СИСТЕМАХ АНТИПИРИН – БЕНЗОЙНАЯ (САЛИЦИЛОВАЯ) КИСЛОТЫ – ВОДА

Исследованы две водные расслаивающиеся системы: антипирин – бензойная кислота – вода, антипирин – салициловая кислота – вода, которые при нагревании до 80 °С расслаиваются на две фазы. Одна из них (органическая фаза) объемом 1,0 – 1,2 мл содержит соль бензоата или салицилата антипириния, которая и является экстрагентом макроколичеств железа (III). Найдены оптимальные условия извлечения 0,01 моль/л растворов железа в обеих системах. При этом в системе с бензойной кислотой фаза бензоата антипириния остается жидкой, а в присутствии салициловой кислоты органическая фаза при охлаждении переходит в твердую массу. Исследовано влияние анионов соли железа, высаливателя, концентрации HCl или H₂SO₄ на степень извлечения железа (III). Построены изотермы экстракции железа (III) и определены соотношения АП:БК(СК):Fe:X в извлекаемых комплексах.

Ключевые слова: антипирин; бензойная кислота; салициловая кислота; неорганический высаливатель; хлороводородная кислота; серная кислота; степень извлечения; расслаивающаяся система.

A.A. Alekseeva, N.D. Borodulina, M.I. Degtev

Perm State University, Perm, Russia

EXTRACTION OF IRON (III) MACROAMOUNTS IN STRATIFYING SYSTEMS ANTIPYRINE – BENZOIC (SALICYLIC) ACIDS – WATER

The article is devoted to two water stratifying systems: antipyrine – benzoic acid – water, antipyrine – salicylic acid – water, each of them forms two phases when heated to 80 °C. One of them (organic phase) has a volume of 1.0 – 1.2 ml and contains a benzoate or salicylate salt of antipyrine, which is the extractant for the macroamounts of iron (III). Optimal conditions for extraction of 0.01 mol/L iron ions in both systems are found. In the system with benzoic acid, the organic phase remains liquid, and in the system with salicylic acid, the organic phase turns into a solid mass. The impact of the iron salt anions, salting-out agent, concentration of HCl or H₂SO₄ on the extraction of iron (III) was studied. The extraction isotherms are built, and the ratio of components in the systems is determined.

Keywords: antipyrine; benzoic acid; salicylic acid; inorganic salting-out agent; hydrochloric acid; sulfuric acid; extraction ratio; stratifying system.

Введение

Актуальность исследования связана с изучением условий расщепления водных систем, содержащих антипирин (АП), бензойную кислоту (БК) или салициловую кислоту (СК) и воду, для извлечения макроколичеств Fe (III).

Описан классический вариант извлечения ионов железа антипирином и его производными в хлороформ [1]. Однако такой вариант имеет общий недостаток – применение токсичного, легколетучего и пожароопасного растворителя – хлороформа. В связи с этим начиная с 80-х гг. прошлого столетия идет активный поиск новых экстракционных систем без применения органических растворителей. Несомненный интерес представляют работы по экстракции ионов металлов и органических соединений в ионные жидкости (ИЖ) [2, 3]. Ионный расплав равносителен понятию «ионная жидкость» и представляет собой расплав органических солей в широком интервале температур. Если представить, что ИЖ состоят из объемных органических катионов и неорганических или органических анионов, то они фактически играют роль растворителей, т.е. среды. А это означает, что расщепление в таких системах происходит вследствие ограниченной растворимости двух жидкостей. Изучена экстракция Ga (III) и In (III) в гидрофильную жидкость – тетрафторборат 1-бутил-2,3-диметилимидазолия в присутствии различных неорганических высаливателей [4]. Извлечение указанных катионов в ИЖ без высаливателей низкое и становится количественным (>99%) при концентрации KI или KSCN, равной 1,0 – 2,0 моль/л. Высокая дороговизна или недоступность ИЖ, проблема потерь ИЖ, трудность утилизации и многое другое не позволяет считать их

эффективной заменой органических растворителей.

Другой пример экстракции «водный раствор – расплав органического вещества» может быть осуществлен только при повышенной температуре [5, 6]. После охлаждения системы до комнатной температуры происходит застывание органической фазы, которая потом легко отделяется от водной фазы. Однако дальнейший химический анализ ОФ требует применения тех же органических растворителей.

Заслуживает внимания расщепление в системе «водный раствор – полимер – высаливатель». В качестве водорастворимого полимера чаще всего применяли полиэтиленгликоль (ПЭГ) HOCH₂-(CH₂-O-CH₂)_n-CH₂OH с различной молекулярной массой [7, 8]. В присутствии ПЭГ с молекулярной массой 2000 и в качестве высаливателя (NH₄)₂SO₄ в присутствии невысокой концентрации H₂SO₄ образуется ОФ объемом 3,0 мл. В эту фазу извлекаются микроколичества (10⁻⁵ моль/л) ионов Fe (III), Cu (II), Co (II), Zn (II), In (III), Mo (V). По экстракционной способности этот ряд выглядит в последовательности: Zn > (Cu, In) > Mo > Fe > Co. В работе приведена теория извлечения микроколичеств ряда элементов. Единственный недостаток таких систем – их невысокая экстракционная емкость.

В 80-е гг. XX столетия появились первые работы по применению антипирина и его производных в водных системах, содержащих монохлоруксусную кислоту (МХУК) и другие галогензамещенные кислоты [9, 10]. ОФ, по мнению авторов [10], представляет собой гидратированный и сольватированный молекулами МХУК монохлорацетат антипириния. В ОФ экстрагируются Sc (III), Ti

(IV), Cr (III), Mo (VI), Fe, In, Tl (III), Hg (II), Ga, V (IV), Sn (II), Bi.

По такой же схеме исследованы системы АП – нафталин-2-сульфокислота, диантипирилметан и его гомологи в присутствии нафталин-2-сульфокислоты [11], а также системы ДАА – БК – HCl – H₂O [12], ДАА – СК – HCl – H₂O [13], АП – сульфосалициловая кислота – вода [14]. В указанных системах извлекается широкий круг ионов металлов, включая: Zn, Cd, Fe (III), Hg (II), Ga, In, Tl (III), Sc, Y, Sn (II, IV), Mn (II), Cu (I, II), Zr (IV), Ti (IV), Mo (VI), V (V), Pt (IV), Pd (II), Au (III) и др.

В данной работе изучены водные расслаивающиеся системы вода – бензойная (салициловая) кислота – антипирин на примере извлечения макроколичеств железа (III).

Экспериментальная часть

В работе применяли продажные препараты бензойной, салициловой кислот марки ч.д.а., антипирин квалификации хч. Последний готовили в виде 2 моль/л раствора в дистиллированной воде. Растворы железа (III) с концентрацией 0,1 моль/л готовили растворением соответствующих навесок солей FeCl₃ · 6H₂O, Fe₂(SO₄)₃ · 9H₂O марки ч.д.а. в дистиллированной воде, содержащей 0,1 моль/л HCl или 0,05 моль/л H₂SO₄. Концентрацию растворов устанавливали комплексонометрически [15].

Расслаивание водных систем осуществляли в градуированных пробирках с притертыми пробками при нагревании на водяной бане до 353 К. Для этого помещали в пробирки навески органических кислот из расчета 0,1 – 0,125 моль/л в объеме водной фазы 20 мл. Приливали 3,2 – 3,5 мл 2 моль/л раствора антипирина, при

необходимости, вводили HCl или H₂SO₄ для создания кислотности среды, неорганический высаливатель (NaCl, NH₄Cl, Na₂SO₄, (NH₄)₂SO₄) и доводили до 20 мл дистиллированной водой. Пробирки помещали в водяную баню, нагревали в течение 12–15 мин и не менее 5–6 раз перемешивали содержимое пробирок по 30–40 сек. После отстаивания водную фазу сливали, а ОФ, растворяя в изопропиловом спирте или СНCl₃, а в случае с СК в HCl (1:1), проводили определение ионов железа (III) комплексонометрически [15] в обеих фазах по отдельности. При построении изотермы экстракции вводили 0,4 – 0,25 моль/л растворы соответствующих солей железа (III). После расслаивания ОФ растворяли количественно в изопропиловом спирте или в хлороформе, переносили в мерную колбу на 25 мл, отбирали аликвоты по 5 мл и отдельно определяли реагент по методу [16], хлорид-ионов – аргентометрически, HSO₄⁻ – титриметрически с нитратом свинца, используя индикатор дитизон. Для этого к аликвоте 5 мл добавляли 15 мл ацетона и 10 капель индикатора (насыщенный раствор дитизона в ацетоне), пробу подкисляли 0,1 моль/л раствором HNO₃ и титровали 0,1 моль-экв/л раствором Pb(NO₃)₂ до перехода окраски из ярко-зеленой в красную. Содержание органических кислот определяли титрованием 0,1 моль/л раствором NaOH в этиловом спирте с индикатором бромкрезоловым зеленым или фенолфталеином.

Обсуждение результатов

В системе АП – БК – H₂O происходит расслаивание водной фазы в результате нагревания в течение 10 мин при периодическом встряхивании. В результате расслаивания

образуются: водная фаза (ВФ) – «рафинат» и органическая фаза (ОФ), содержащая соль антипирина с бензойной кислотой. ОФ имеет светло-желтый цвет и является малоподвижной, ее объем зависит от концентрации исходных компонентов, наличия высаливателя и кислотности среды. Фаза хорошо растворяется в хлороформе и этаноле; в воде растворение возможно при нагревании.

При добавлении в систему высаливателя (1,00 моль/л Na_2SO_4) объем ОФ увеличивается до 1,6 мл. Вследствие высокой энергии гидратации ($E_{\text{гидр.}}(\text{Na}^+) = 97$ ккал/моль, $E_{\text{гидр.}}(\text{SO}_4^{2-}) = 249$ ккал/моль) сульфат натрия остается в водной

фазе, вытесняя в органическую бензоат антипирина, который и является фазообразователем.

Исследование распределения ионов Fe^{3+} (0,005 моль/л) в расслаивающейся системе АП – БК – H_2O от концентрации H_2SO_4 показало, что максимальное извлечение Fe^{3+} наблюдается без дополнительного введения H_2SO_4 (соль Fe^{3+} приготовлена на 0,1 моль/л H_2SO_4). В таких условиях степень извлечения железа (III) составляет 97 %. При увеличении концентрации H_2SO_4 извлечение катионов Fe уменьшается (рис. 1).

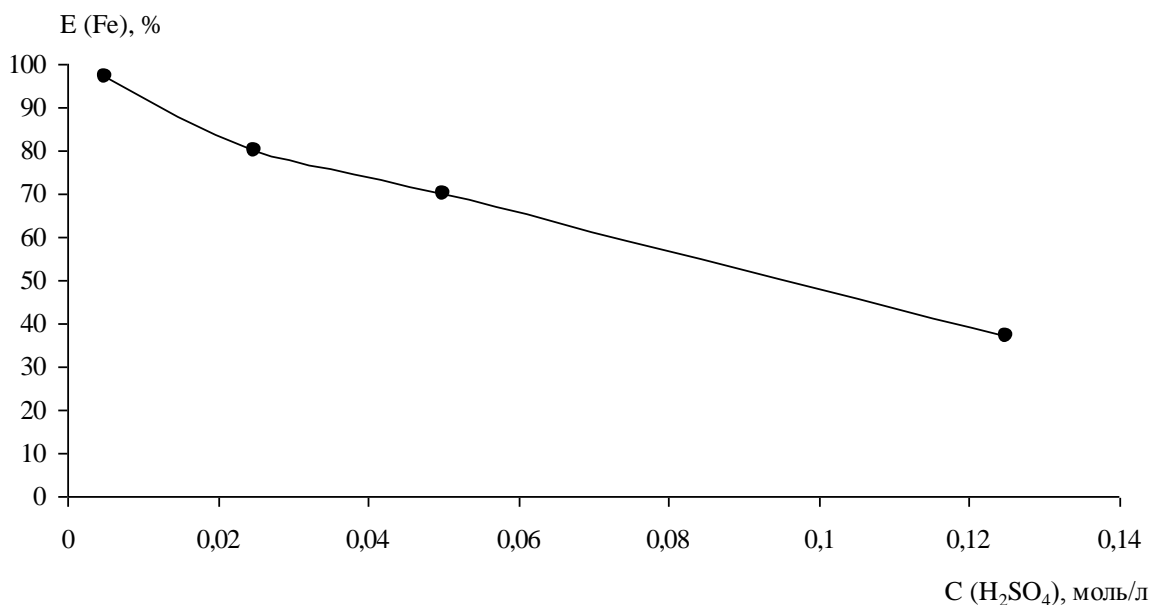


Рис. 1. Распределение ионов железа (III) в системе АП – БК – H_2O в зависимости от кислотности водной среды ($C_{\text{АП}} = 0,2$ моль/л, $C_{\text{БК}} = 0,15$ моль/л, $C_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 1$ моль/л, $C_{\text{Fe}} = 0,005$ моль/л, $V_{\text{общ}} = 20$ мл)

В системе с СК расслаивание исследовано при различных соотношениях компонентов АП:СК = 0,5:0,1; 0,5:0,3; 0,3:0,3. Оказалось, что больший объем ОФ (1,6 – 1,8 мл) образуется при соотношении АП:СК = 0,3:0,3. Водная фаза при этом содержит кристаллы СК вследствие ее невысокой растворимости в воде.

Извлечение ионов железа (III) в системе АП – БК – H_2O в зависимости от концентрации АП проводили в отсутствии минеральной кислоты. Максимальное извлечение ионов железа (III) наблюдается при $C_{\text{АП}} = 0,2$ моль/л и составляет 97 % (рис. 2).

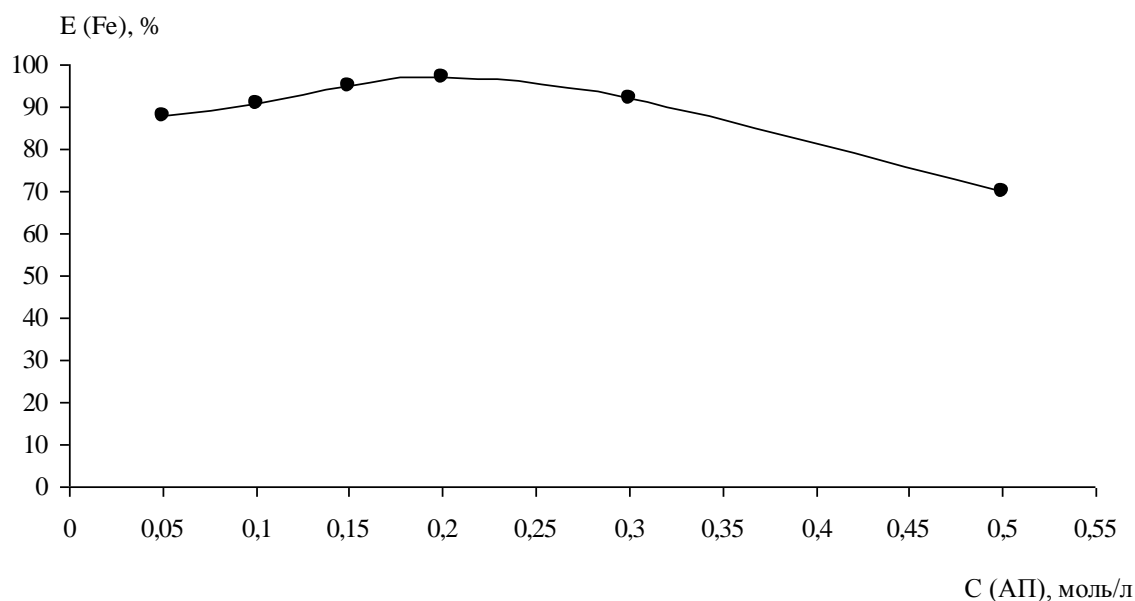


Рис. 2. Распределение ионов железа (III) в системе АП – БК – H_2O в зависимости от концентрации антипирина ($C_{БК} = 0,15$ моль/л, $C_{Na_2SO_4} = 1$ моль/л, $C_{Fe} = 0,005$ моль/л, $V_{общ} = 20$ мл)

При экстракции соли железа (0,05 моль/л $FeCl_3$) в расслаивающейся системе АП – СК – H_2O установлено, что ОФ окрашивается в темно-коричневый цвет. Последняя застывает при охлаждении, она растворима в водном растворе HCl 1:1 при нагревании. Экстракт хорошо растворяется в хлороформе, плохо – в этиловом, бутиловом и изопропиловом спирте. О полноте

экстракции можно судить по окраске водной фазы: при небольшой степени извлечения ВФ окрашена в красно-оранжевый цвет, при степени извлечения больше 90 % – в светло-розовый. Максимальная степень извлечения ионов железа наблюдается при $C_{АП} = C_{СК} = 0,3$ моль/л в объеме водной фазы 20 мл (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость степени извлечения $FeCl_3$ от соотношения концентраций АП и СК

($C_{Fe} = 0,05$ моль/л, $V_{общ} = 20$ мл)

$C_{АП}$, моль/л	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
$C_{СК}$, моль/л	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,25	0,3	0,3
E, %	85	87	95	69	72	87	89	83

При введении в систему ($C_{АП} = C_{СК} = 0,3$ моль/л) высаливателей (Na_2SO_4 , $NaCl$, KCl , NH_4Cl) с концентрацией 0,5–1,0 моль/л объем ОФ возрастает до 2,0 – 2,2 мл, а степень извлечения $Fe(III)$ уменьшается с 95 % до 93 %, что свидетельствует о нецелесообразности применения высаливателей.

Исследование распределения ионов Fe^{3+} в системе АП – СК – H_2O в зависимости от

концентрации HCl показало, что наибольшее извлечение $Fe(III)$ наблюдается при нейтрализации соляной кислоты, на которой приготовлен раствор железа. При этом степень извлечения ионов железа (III) составляет 98 %, а при добавлении HCl до концентрации 0,5 моль/л извлечение уменьшается до 19 % (рис. 3). При концентрации HCl в водной фазе, равной 1,0 моль/л, расслаивание в системе исчезает.

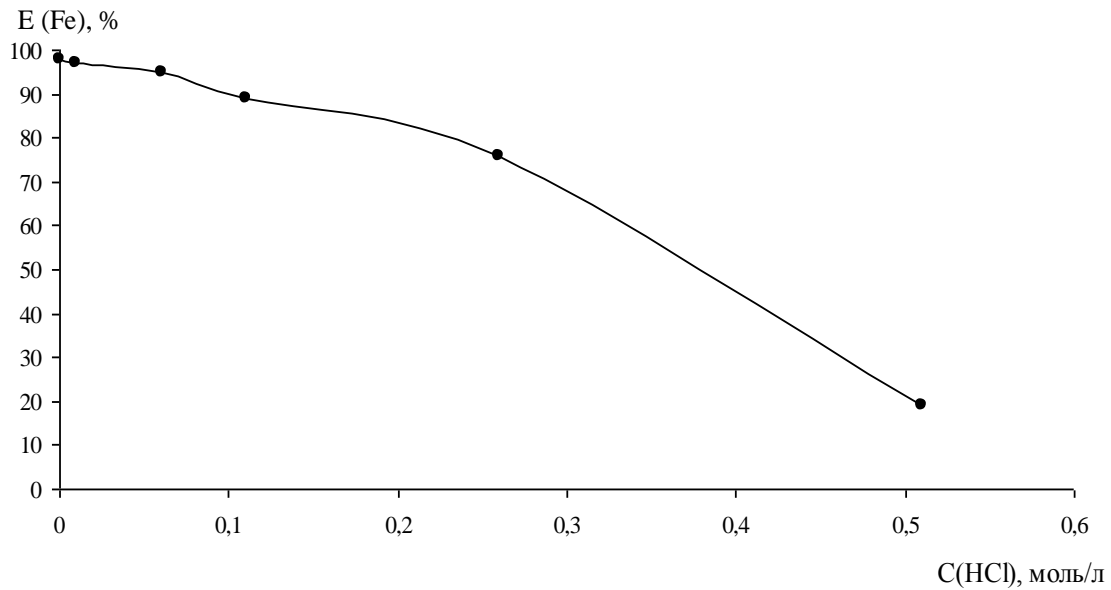


Рис. 3. Распределение ионов железа (III) в системе $АП - СК - H_2O$ в зависимости от концентрации HCl ($C_{СК} = 0,3$ моль/л, $C_{СК} = 0,3$ моль/л, $C_{Fe} = 0,05$ моль/л, $V_{общ} = 20$ мл)

В оптимальных условиях расщепления и в системе с СК составила 0,075 моль/л или 83,8 мг $Fe(III)$ в объеме 1,8 мл ОФ. Экстракционная экстракция $C(Fe)_{ОФ} - C(Fe)_{ВФ}$ для обеих систем емкость для системы с БК значительно ниже и (рис. 4). По данным, представленным на рис. 4, составила 0,035 моль/л или 39,2 мг $Fe(III)$ в определена экстракционная емкость ОФ, которая объеме ОФ (1,6 мл).

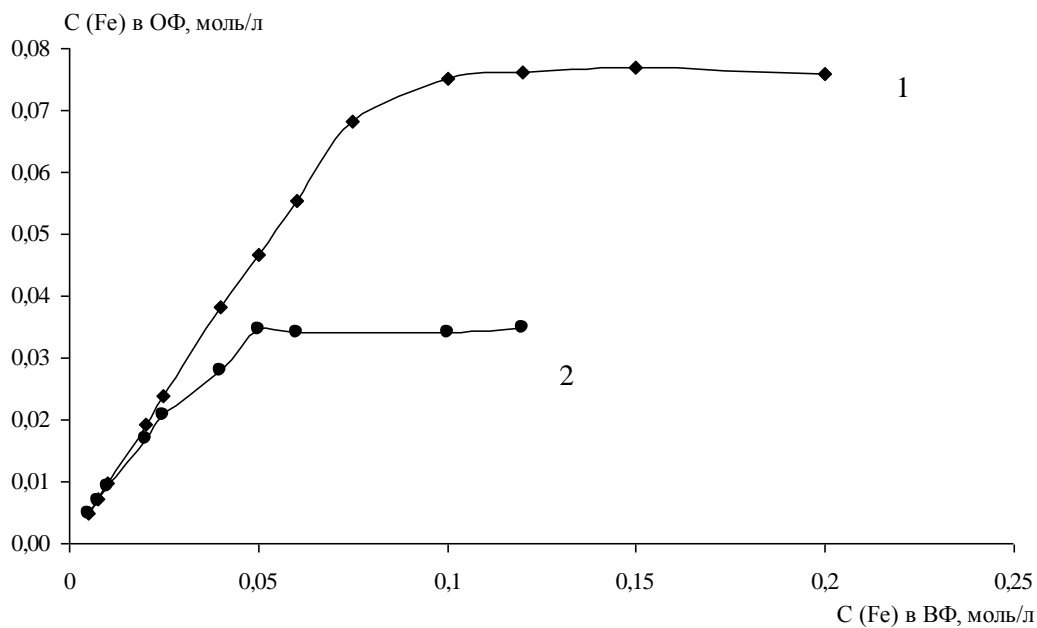


Рис. 4. Изотерма экстракции ионов железа (III) в системах $АП - СК - H_2O$; моль/л: $C_{СК} = 0,3$, $C_{АП} = 0,3$, $V_{общ} = 20$ мл – 1; $АП - БК - H_2O$; моль/л: $C_{БК} = 0,15$, $C_{АП} = 0,2$, $V_{общ} = 20$ мл – 2

Следует отметить, что при увеличении концентрации железа (III) в водной фазе ОФ окрашивается в более темный цвет, становится более вязкой при нагревании и при охлаждении твердеет. По-видимому, выделяется в осадок смешанный комплекс железа (III) с АП и СК без сольватирующей части – соли салицилата антипирина. ВФ при этом окрашена в темный красно-коричневый цвет, при разбавлении водой становится фиолетовой. Можно предположить, что при высоких концентрациях Fe^{3+} в ВФ более устойчив комплекс его с АП (красного цвета), а

при низких концентрациях – комплекс железа с СК (фиолетового цвета).

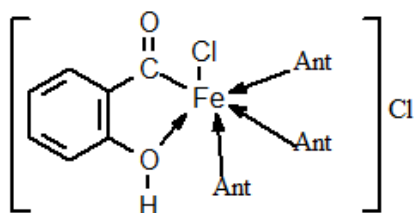
Методом химического анализа ВФ и ОФ был изучен состав комплексов с целью установления механизма экстракции. Для этого фазы отделяли друг от друга, водную доводили в мерной колбе водой до постоянного объема и титриметрически в равных аликвотах определяли АП, СК и Fe^{3+} . ОФ растворяли в хлороформе и доводили им в мерной колбе до 25 мл. В аликвотах по схеме, указанной выше, определяли АП, СК и Fe^{3+} . Качественной реакцией было установлено присутствие в ОФ иона Cl^- .

Таблица 2

**Определение реагирующих компонентов
в водной и органической фазах расслаивающейся системы
($C_{СК} = 0,3$ моль/л, $C_{АП} = 0,3$ моль/л, $C_{Fe} = 0,1$ моль/л, $V_{общ} = 20$ мл)**

Компонент	Содержание компонента				
	общее, ммоль	в аликвоте ВФ, ммоль	общее в ВФ, ммоль	в аликвоте ОФ, ммоль	общее в ОФ, ммоль
Fe	2,0	0,097	0,485	0,292	1,46
АП	6,0	0,305	1,525	0,880	4,40
СК	6,0	0,930	4,650	0,290	1,45

На основании полученных данных предположено, что в ОФ извлекается комплекс железа с АП и СК следующего состава:



В системе с бензойной кислотой при увеличении концентрации железа (III) в водной фазе ОФ становится вязкой и при малых концентрациях Fe (III) находится наверху и на стенках пробирки, а при высоких концентрациях – перемещается на дно пробирки. При этом цвет органической фазы меняется от ярко-красного до

темно-бордового, а водная фаза с увеличением $С$ (Fe) изменяет цвет с желтого на темно-красный.

Установлено, что при растворении ОФ в хлороформе железо (III) гидролизует и таким образом извлекаемый комплекс разрушается. Можно допустить, что ОФ содержит помимо бензоата антипирина молекулы воды, вследствие чего происходит гидролиз железа (III) при обработке ОФ хлороформом. Введение добавок бутанола в хлороформ исключает возможность гидролиза железа (III) и, наоборот, значительно упрочняет извлекаемый комплекс. Поэтому для химического анализа ОФ последнюю растворяли в 25 мл этанола и в аликвотах по 5 мл определяли Fe (III), АП и БК

по известным методикам с некоторыми дополнениями.

Для определения антипирина применяли йодометрическое титрование с добавлением 2 моль/л CH_3COONa . Для устранения мешающего влияния ионов железа (III) вводили избыток 0,02 моль/л раствора ЭДТА. К аликвоте исследуемого раствора добавляли избыток 0,05 моль-экв/л раствора I_2 , 10 мл 2 моль/л CH_3COONa и выдерживали в темном месте 10 мин. Титровали 0,05 моль-экв/л раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до соломенной окраски, затем добавляли 1–2 капли крахмала и титровали до обесцвечивания.

Содержание бензойной кислоты определяли кислотнo-основным титрованием. Для этого к аликвоте исследуемого раствора добавляли избыток 0,1 моль/л раствора NaOH , который затем оттитровывали 0,1 моль/л раствором HCl с индикатором фенофталеином до обесцвечивания раствора.

Результаты анализа показали следующие отношения, моль/л: Fe (III) - 0,027, АП - 0,109, БК - 0,101. То есть извлекается комплекс с соотношением компонентов 3АП:Fe:3БК, что отвечает формуле $[\text{Fe}(\text{АП})_3(\text{БК})_3]$. Следует отметить, что при избытке АП и БК извлекается этот же комплекс, только он сольватирован солью бензоата антипиния. При насыщении ОФ ионами железа ОФ переходит в густую массу и твердеет в виде комплекса, состав которого приведен выше.

Заключение

В работе приведены сведения, обеспечивающие расслаивание водных растворов, содержащих антипинин, бензойную и салициловую кислоту и воду. Показано, что обе

расслаивающиеся системы АП – БК – H_2O и АП – СК – H_2O эффективны для извлечения макроколичеств железа (III). Установлен состав комплексов и предложен механизм их извлечения. Дальнейшие исследования по применению таких систем будут связаны с количественным определением хлорид-ионов, снятием ИК- и УФ-спектров, их идентификацией и расширением круга извлекаемых макро- и микроколичеств катионов металлов для их последующего атомно-эмиссионного с применением ИСП и фотоэлектрической приставки определения.

Библиографический список

1. *Диантипирилметан* и его гомологи как аналитические реагенты // Ученые записки Пермского ун-та. Пермь, 1974. № 324. 280 с.
2. *Плетнев И.В., Смирнова С.В., Хачатрян К.С.* Применение ионных жидкостей в экстракции // Рос. хим. журн. 2004. Т. 48, № 6. С. 51.
3. *Fan Y.C., Chen M.L., Shen-Tu C.* Ionic liquid for dispersive liquid-liquid microextraction of phenols // Anal. chem. 2009. Vol. 64, № 10. P. 1017.
4. *Кальней О.С.* Экстракция галогенидных и тиоцианатных комплексов галлия (III) и индия (III) ионными жидкостями // Исследования в области естественных наук. 2012. № 8. URL: <http://science.snauka.ru/2012/08/907>. (дата обращения: 15.02.2017 г.).
5. *Лобанов Ф.И., Буяновская А.Г., Гибало И.М.* Групповое концентрирование элементов расплавом оксихинолина // Журн. аналит. химии. 1971. Т. 26, № 8. С. 1655.
6. *Лобанов Ф.И.* Экстракция неорганических соединений расплавами органических

- веществ // Итоги науки и техники. Серия: Неорганическая химия. 1980. Т. 7. С. 84.
7. Зварова Т.И., Шкинев В.М., Спиваков Б.Я. и др. Жидкостная экстракция в системе водный раствор соли – водный раствор полиэтиленгликоля // Доклады АН СССР. 1983. Т. 273, №1. С. 107.
8. Зварова Т.И., Шкинев В.М., Воробьева Г.А. и др. Экстракция комплексов металлов с водорастворимыми реагентами в двухфазных водных растворах полиэтиленгликоль – соль – вода – органический реагент // Журн. аналит. химии. 1988. Т. 43, № 1. С. 37.
9. Петров Б.И., Рогожников С.И., Яковлева Т.П. Об исследовании расслаивающихся систем с пограничной тройной системой антипирин – монохлоруксусная кислота – вода для экстракции элементов // Журн. прикл. химии. 1992. Т. 65, № 5. С. 1000.
10. Петров Б.И., Рогожников С.И. Распределение элементов в расслаивающейся системе вода – антипирин – галогензамещенные уксусной кислоты // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и хим. технология. 1985. Т. 28, № 2. С. 40.
11. Денисова С.А. Жидкофазные и экстракционные равновесия в системах вода – антипирин или его производное – нафталин-2-сульфо кислота: дис. ... канд. хим. наук 02.00.04. Пермь.: Перм. ин-т техн. химии УрО РАН, 2000. 142 с.
12. Дегтев М.И., Денисова С.А., Порошина Н.В. Экстракционные возможности новой расслаивающейся системы вода – гексилдиантипирилметан – бензойная кислота – неорганическая кислота // сб. научн. тр. «Технология и промышленная экология неорган. материалов» /Перм. гос. ун-т. Пермь. 2003. № 6. С. 89 – 95.
13. Дегтев М.И., Чегодаева С.В. Экстракция хлоридных ацидокомплексов марганца (II) диантипирилалканами из растворов, содержащих салициловую кислоту, воду и высаливатель // Фундаментальные исследования. 2011, № 12. ч. 2. С. 405 – 409.
14. Дегтев М.И., Юминова А.А., Аликина Е.Н. Расслаивающаяся система антипирин – сульфосалициловая кислота – вода для извлечения и определения макроколичеств индия (III) // Вода: химия и экология. 2014. № 1 (66). С. 86.
15. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. М.: Химия, 1970. 360 с.
16. Перельман Я.М. Анализ лекарственных форм: практическое руководство. Л.: МЕДГИЗ, 1961. 616 с.

References

1. *Diantipirilmetan i ego gomologi kak analiticheskie reagenty. Uchenye zapiski Permskogo universiteta* [Diantipyrylemethane and its homologues as analytical reagents. The Researchers note. № 324], (1974), Perm, SU. (In Russ.)
2. Pletnev, I.V., Smirnova, S.V., Khachatryan, K.S. and Zernov, V.V. (2004), "Ionic liquids usage in extraction", *Russian Journal of General Chemistry*, vol. 48, no. 6, p. 51. (In Russ.)
3. Fan, Y.C., Chen, M.L. and Shen-Tu, C. (2009), "Ionic liquid for dispersive liquid-liquid microextraction of phenols", *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 64, no. 10, p. 1017.
4. Kal'nei, O.S. (2012), "Extraction of halide and thiocyanate complexes of gallium (III) and

- indium (III) with ionic liquids”, available at: <http://science.snauka.ru/2012/08/907>. (In Russ.)
5. Lobanov, F.I., Buyanovskaya, A.G. and Gibalo, I.M. (1971), “Group concentration of elements with the melt of oxyquinoline”, *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 26, no. 8. p. 1655. (In Russ.)
 6. Lobanov, F.I. (1980), “Extraction of inorganic compounds by melts of organic compounds”, *Itogi nauki i tekhniki. Neorganicheskaya khimiya*, vol. 7, p. 84. (In Russ.)
 7. Zvarova, T.I., Shkinev, V.M., Spivakov, B.Ya. and Zolotov, Yu.A. (1983), “Liquid extraction in the system aqueous salt solution – aqueous solution of polyethylene glycol”, *Doklady AN SSSR*, vol. 273, no. 1, p. 107. (In Russ.)
 8. Zvarova, T.I. Shkinev, V.M., Vorobyeva, G.A., Spivakov, B.Ya. and Zolotov, Yu.A. (1988), “Extraction of complexes of metals with water-soluble reagents in two-phase aqueous solutions polyethylene glycol – salt – water – organic reagent” *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 43, no. 1, p. 37. (In Russ.)
 9. Petrov, B.I., Rogozhnikov, S.I. and Yakovleva, T.P. (1992), “The study of stratifying systems with a boundary triple system antipyrine – monochloroacetic acid – water for the extraction of elements”, *Russian Journal of Applied Chemistry*, vol. 65, no. 5, p. 1000. (In Russ.)
 10. Petrov, B.I. and Rogozhnikov, S.I. (1985), “Distribution of elements in the stratifying system water – antipyrine – halogen-substituted acetic acid”, *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenii. Himiya i himicheskaya tekhnologiya*, vol. 28, no. 2. p. 40. (In Russ.)
 11. Denisova, S.A. (2000), “Liquid-phase and extraction equilibria in systems water – antipyrine or its derivative – naphthalene-2-sulfonic acid”, Candidate of Chemical Sciences dissertation, Perm, Russia. (In Russ.)
 12. Degtev, M.I., Denisova, S.A. and Poroshina, N.V. (2003), “Extraction capabilities of the new stratifying system water – hexildiantipyrylmethane – benzoic acid – inorganic acid”, *Tekhnologiya i promyshlennaya ekologiya neorganicheskikh materialov*, no. 6, pp. 89 – 95. (In Russ.)
 13. Degtev, M.I. and Chegodaeva, S.V. (2011), “Extraction of chloride acidocomplexes of manganese (II) by dantipyrylalkanes from solutions containing salicylic acid, water and a salting-out agent”, *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental researches], no. 12, P. 2, pp. 405 – 409. (In Russ.)
 14. Degtev, M.I., Yuminova, A.A. and Alikina, E.N. (2014), “The stratifying system antipyrine – sulfosalicylic acid – water for extraction and determination of indium (III) macroamounts”, *Voda: himiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology], no. 1 (66), p. 86. (In Russ.)
 15. Schwarzenbach, G. and Flaschka, G. (1970), *Kompleksonometricheskoe titrovaniye* [Die komplexometrische Titration], Translated by Vainshtein Yu.I., Himiya, Moscow. (In Russ.)
 16. Perel'man, Ya.M. (1961) *Analiz lekarstvennykh form: prakticheskoe rukovodstvo* [Analysis of medicinal forms: a practical guide], MEDGIZ, Leningrad. (In Russ.)

Поступила в редакцию 28.03.2017 г.

Об авторах

Алексеева Александра Александровна,
студент,
ФГБОУ ВО «Пермский государственный
национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
aaaa0603@yandex.ru

Бородулина Наталия Дмитриевна,
студент,
ФГБОУ ВО «Пермский государственный
национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
nat.borodulina@mail.ru

Дегтев Михаил Иванович,
доктор химических наук, профессор, заведующий
кафедрой аналитической химии
ФГБОУ ВО «Пермский государственный
национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
anchem@psu.ru

About the authors

Alekseeva Aleksandra Aleksandrovna,
student,
614990, Perm State University. 15, Bukireva st.,
Perm, Russia.
aaaa0603@yandex.ru

Borodulina Nataliya Dmitrievna,
student,
614990, Perm State University. 15, Bukireva st.,
Perm, Russia.
nat.borodulina@mail.ru

Degtev Mikhail Ivanovich,
doctor of chemistry, professor, head of the
Department of analytical chemistry
614990, Perm State University. 15, Bukireva st.,
Perm, Russia.
anchem@psu.ru

Информация для цитирования

Алексеева А.А., Бородулина Н.Д., Дегтев М.И. Об экстракции макроколичеств железа (III) в расслаивающихся системах антипирин – бензойная (салициловая) кислоты – вода // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2017. Т. 7, Вып. 1. С. 28–38. DOI: 10.17072/2223-1838-2017-1-28-38.

Alekseeva A.A., Borodulina N.D., Degtev M.I. *Ob ekstratsii makrokolichestv zheleza (III) v rasslaivayushchikhsya sistemakh antipirin – benzoynaya (salitsilovaya) kisloty – voda* [Extraction of iron (III) macroamounts in stratifying systems antipyrine – benzoic (salicylic) acids – water] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» – Bulletin of Perm University. Chemistry. 2017. Vol. 7. № 1. P. 28–38. (In Russ.). DOI: 10.17072/2223-1838-2017-1-28-38.