

УДК 542.61 : 547.775

DOI: 10.17072/2223-1838-2019-4-342-350

М.И. Дегтев, А.А. Юминова, В.П. Кузалбаева

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ЭКСТРАКЦИЯ МАКРОКОЛИЧЕСТВ МОЛИБДЕНА (VI) В СИСТЕМАХ БЕЗ ОРГАНИЧЕСКОГО РАСТВОРИТЕЛЯ

Исследована экстракция макроколичеств молибдат-ионов (MoO_4^{2-}) в расслаивающихся системах, образованных диантипирилалканами (бутилДАМ – БДАМ, гексилДАМ – ГДАМ) с бензойной и салициловой (БК, СК) кислотами при различных концентрациях HCl , H_2SO_4 и HNO_3 . Показано, что в присутствии HCl кривая экстракции MoO_4^{2-} проходит через минимум (~60 %) при $C(\text{HCl}) = 1,5\text{--}2,0$ моль/л. В случае с H_2SO_4 или HNO_3 наблюдается уменьшение $E(\text{MoO}_4^{2-})$, %, начиная с 0,125 моль/л H_2SO_4 и при концентрации 2,5 моль/л извлечение не превышает 18 %. В системе с HNO_3 , начиная с 0,01 моль/л, наблюдается резкое падение степени извлечения молибдат-ионов. Электронные спектры, снятые для HCl или H_2SO_4 , имеют идентичный характер, что подтверждает одинаковый механизм извлечения молибдат-ионов. Расслаивающаяся система антипирин (АП) – сульфосалициловая кислота (ССК) – вода показала высокую степень извлечения молибдат-ионов (~94 %) в условиях 0,25 моль/л HNO_3 ($\text{pH}_{\text{равн}} = 1,52$). Приведены сведения по влиянию неорганических высаливателей (NH_4Cl , NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2SO_4 на $E(\text{Mo})$, %. Максимальная степень извлечения молибдена (VI) ~ 99,2 % достигается в присутствии Na_2SO_4 (0,50–0,75 моль/л).

Ключевые слова: расслаивающиеся системы; экстракция; диантипирилалканы; антипирин; молибдат-ионы; неорганические высаливатели

M.I. Degtev, A.A. Yuminova, V.P. Kuzalbaeva

Perm State University, Perm, Russia

EXTRACTION OF MOLYBDENUM (VI) MACROAMOUNTS IN SYSTEMS WITHOUT ORGANIC SOLVENT

Extraction of macroamounts of molybdate ions (MoO_4^{2-}) in the stratified systems formed by diantipyrylalkanes (butyl DAM - BDAM, hexyl DAM - GDAM) with benzoic and salicylic (BK, SC) acids at various concentrations of HCl , H_2SO_4 and HNO_3 is investigated. There is shown, that the MoO_4^{2-} extraction curve passes through a minimum (~60%) in the presence of HCl at $C(\text{HCl}) = 1,5\text{--}2,0$ mol/l. In the case of H_2SO_4 or HNO_3 , a decrease in $E(\text{MoO}_4^{2-})$ is observed, %, starting from 0,125 mol/l H_2SO_4 and at a concentration of 2,5 mol/l the recovery does not exceed 18%. In the system with HNO_3 starting from 0.01 mol/l a sharp drop in the degree of extraction of molybdate ions is observed. The electron spectra recorded for HCl or H_2SO_4 are identical in character which confirms the same mechanism for the extraction of molybdate ions. The stratified system of antipyrine (AP) - sulfosalicylic acid (SSC) - water showed a high degree of extraction of molybdate ions (~94%) under conditions of 0,25 mol/l HNO_3 ($\text{pH} = 1,52$). Effect of inorganic salting out agents (NH_4Cl , NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2SO_4) on $E(\text{Mo})$, % is given. The maximum degree of extraction of molybdenum (VI) ~ 99.2% is achieved in the presence of Na_2SO_4 (0,50–0,75 mol/l).

Keywords: stratified system; extraction; diantipyrylalkanes; antipyrine; molybdate ions; inorganic salting-out agents

© Дегтев М.И., Юминова А.А., Кузалбаева В.П., 2019

Введение

В данной работе изучена экстракция молибдат-ионов в системах без органического растворителя, образованных алкильными гомологами диантипирилметана (бутил-БДАМ и гексилдиантипирилметаном-ГДАМ) с бензойной (БК) и салициловой кислотами (СК), а также в расслаивающейся системе антипирин (АП) – сульфосалициловая кислота (ССК) – вода в присутствии неорганических кислот или оснований, а также высаливателей.

Известно, что молибден (VI) экстрагируется из кислых растворов в органический растворитель в виде ионных ассоциатов, состоящих из крупного гидрофобного катиона, например соли фосфония, стибония и арсония [1], а также диантипирилметания (или его гомолога) и комплексного аниона металла [2–5]. Экстракция молибдена хлороформом из кислой среды (0,01–2 н. HCl) в виде внутрикомплексного соединения α – бензоинноксимата $\text{MoO}_2(\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N})_2$ является селективным методом его отделения [6, 7]. Из среды 6–7 н. HCl молибден экстрагируется в виде хлоридного комплекса диэтиловым эфиром, метилизобутилкетонем, изоамиловым спиртом [8–9]. Из разбавленной соляной кислоты (pH~1) молибден экстрагируется в виде купфероната хлороформом [10] или изоамиловым спиртом [9].

Нами было исследовано извлечение макроколичеств молибдат-ионов в органическую фазу, образованную диантипирилалканами с бензойной и салициловой кислотами при концентрации HCl, равной 0,25–5,00 моль/л, H_2SO_4 – 0,25–2,50, HNO_3 – 0,01–1,30. По такой же

схеме исследована экстракция молибдат-анионов (MoO_4^{2-}) в расслаивающейся системе АП – ССК – H_2O .

Экспериментальная часть

Распределение ионов молибдена (VI) изучали в градуированных с притертыми пробками пробирках на 25 мл, помещая в них соответствующее количество раствора 0,1 моль/л исследуемого металла, навески БДАМ или ГДАМ, а также БК или СК из расчета концентрации каждого компонента 0,1 моль/л в объеме водной фазы 20 мл. Необходимое значение кислотности среды создавали введением в систему соответствующих количеств хлороводородной или серной кислот. Доводили общий объем водной системы до 20 мл дистиллированной водой и нагревали пробирки на водяной бане до 80–85 °С в течение 10–15 мин, перемешивая их содержимое не менее 4 раз по 1 мин. После нагревания пробирки охлаждали до комнатной температуры до полного разделения фаз.

Экстракцию MoO_4^{2-} из водной расслаивающейся системы АП – ССК – H_2O осуществляли в делительных воронках на 50 мл. Объем водной фазы был постоянным – 10,0 мл. В воронку помещали раствор 0,1 моль/л $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ до достижения концентрации 0,01 моль/л, приливали 2,0 моль/л растворы АП (3,00 мл) и ССК (1,50 мл), вносили соответствующую навеску высаливателя и необходимый объем до 10 мл доводили дистиллированной воды. Делительные воронки встряхивали на шейкере LOIPLS-220 (300 об/мин) в течение 5 мин и оставляли до полного расслоения и просветления фаз на 30 мин. При

необходимости дополнительно вводили в воронки неорганические кислоты (HNO_3) или щелочь (KOH) для создания определенного значения pH среды. По сути, расслаивание водной системы АП – ССК – H_2O на две жидкие «самостоятельные» фазы (ОФ и ВФ) и извлечение ионов металлов в ОФ объединены в одноступенчатый процесс.

Распределение макроколичеств ионов молибдена (VI) между фазами во всех указанных системах устанавливали комплексонометрически, определяя содержание молибдена (VI) отдельно в водной и органической фазах [11].

Для этого аликвотную часть водной фазы помещали в коническую колбу на 250 мл, добавляли 5 мл раствора H_2SO_4 (1:4), 2 г сернокислого гидразина, избыток 0,025 моль/л раствора ЭДТА и кипятили полученную смесь в течение 10 мин. Смесь нейтрализовали 10 %-ным раствором аммиака до $\text{pH} = 2-3$ и оттитровывали избыток ЭДТА 0,025 моль/л раствором нитрата висмута в присутствии смеси индикаторов ксиленолового оранжевого и метилтимолового синего (1:3).

Для определения молибдена (VI) в ОФ систем БДАМ (ГДАМ) – БК (СК) – HCl (H_2SO_4) – H_2O предварительно проводили его реэкстракцию. Органическую фазу растворяли в 10 мл хлороформа и встряхивали в течение 2–3 мин с 10 мл 10 %-ного раствора аммиака. Прозрачный хлороформный слой отбрасывали, а водный слой промывали 2 раза чистым хлороформом по 3 мл и помещали в коническую колбу для титрования. Далее определение молибдена проводили методом, описанным выше.

Результаты и их обсуждение

Зависимость степени извлечения молибдат-ионов в водных системах, образованных БДАМ (ГДАМ) и БК (СК) от концентрации неорганических кислот, представлена на рис. 1. Кривая экстракции проходит через минимум для ГДАМ (54 %) при $\text{C}(\text{HCl}) = 2$ моль/л и в случае БДАМ (37 %) при 1,5 моль/л HCl . Максимальное извлечение элемента (99 %) наблюдается при $\text{C}(\text{HCl}) = 0,10-0,25$ моль/л для обоих реагентов, второй максимум (94 %) для реагента ГДАМ и 66 % – БДАМ при $\text{C}(\text{HCl}) = 4-5$ моль/л. Количественное извлечение при низкой кислотности связано с существованием молибдена в виде молибденовой кислоты, анионная часть которой образует хорошо растворимый комплекс в ОФ с катионом, представленным протонированной молекулой БДАМ или ГДАМ. Наличие минимума на кривой и дальнейшее повышение степени извлечения Mo (VI) объясняется особенностями существования различных форм молибдена в водных растворах. При кислотности водной фазы более 2 моль/л органическая фаза остается жидкой после полного расслаивания системы, в то время как при низкой кислотности водного раствора (0,25–1,00 моль/л) выпадает желтый осадок. Из рис.1 следует, что молибден лучше извлекается гомологом, имеющим больший алкильный радикал, который обеспечивает большую основность и, как следствие, более качественную протонизацию реагента, то есть гексилдиантипирилметаном [12–16].

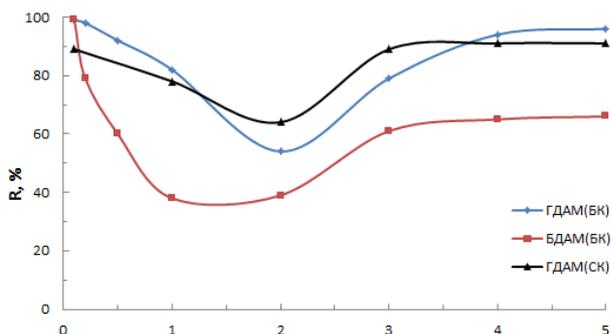


Рис. 1. Распределение молибдат-ионов в системе БДАМ (ГДАМ) – БК (СК) – H_2O в зависимости от кислотности водной фазы ($C_{ГДАМ} = C_{БК} = 0,1$ моль/л, $C_{Mo} = 0,01$ моль/л)

Для установления оптимальных условий извлечения Мо (VI) исследовано влияние на его распределение различных факторов. Поскольку значимый вклад в процесс фазообразования вносит природа органической кислоты, то естественно было заменить бензойную кислоту на более сильную – салициловую. При этом интервал кислотности ВФ по неорганической кислоте оставался тем же и создавался хлороводородной кислотой. Кривая экстракции молибдена имеет аналогичную форму и также проходит через минимум (рис. 1). То есть, можно предположить, что органическая кислота не оказывает значительного влияния на механизм экстракции молибдена, поэтому в дальнейших исследованиях использовалась бензойная кислота.

Поскольку БК и СК не показали различия в экстракции Мо (VI) в водных расслаивающихся системах в присутствии БДАМ или ГДАМ, то несомненный интерес вызывало влияние неорганических кислот на степень извлечения молибдена (VI). Как следует из рис. 2, демонстрирующего кривую

экстракции Мо (VI) в системе ГДАМ – БК – H_2SO_4 , наблюдается отсутствие минимума в степени извлечения Мо (VI).

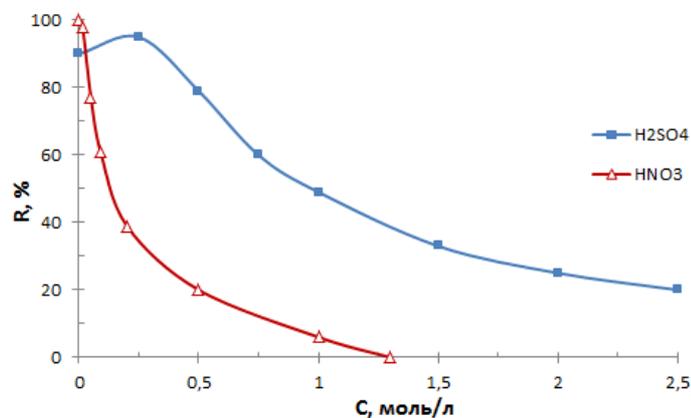


Рис. 2. Распределение молибдат-ионов в системе ГДАМ – БК – H_2SO_4 (HNO_3) – H_2O в зависимости от кислотности водной фазы ($C_{ГДАМ} = C_{БК} = 0,1$ моль/л, $C_{Mo} = 0,01$ моль/л)

И как оказалось, серная кислота увеличивает объем образующейся органической фазы до 2,0 мл (в случае с хлороводородной кислотой этот параметр составлял 1,6 мл). При этом степень извлечения молибдена (VI) падает до 18 % с увеличением концентрации серной кислоты до 5 моль/л. Можно предположить, что хлорид-ионы оказывают влияние на форму существования элемента. Это предположение подтверждается и тем, что окраска органической фазы, возникающей в присутствии H_2SO_4 при невысокой концентрации H_2SO_4 (0,125 моль/л), имеет желтую окраску (как и в случае HCl), однако при $C(H_2SO_4)$ более 2 моль/л фаза приобретает сине-зеленый цвет, характерный для молибденовой сини.

Для установления общих закономерностей извлечения молибдена (VI) в расслаивающихся системах без органического

растворителя рассмотрена система, образованная антипирином и сульфосалициловой кислотой. Преимуществом данной экстракционной системы перед системами с участием производных антипирина (БДАМ, ГДАМ), является время расслаивания и способность полученной ОФ растворяться в воде. Необходимо отметить возможность расслаивания такой системы не только в присутствии неорганической кислоты, но и неорганического основания, например КОН, что сообщалось ранее в работах [17–19]. На рис. 3 приведены сведения по экстракции макроколичеств ($0,01$ моль/л) ионов молибдена (VI) в ОФ в расслаивающейся системе АП – ССК – H_2O .

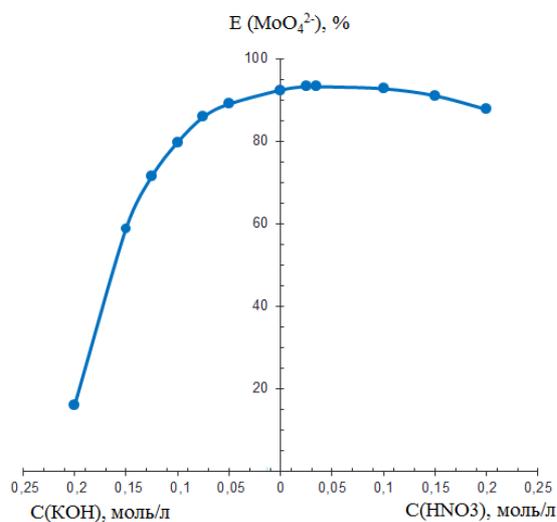


Рис. 3. Зависимость степени извлечения $1 \cdot 10^{-4}$ моль ионов молибдена (VI) от кислотности среды в системе АП – ССК – H_2O (моль/л: АП – 0,6; ССК – 0,3; $C(KOH) = 1,0$ моль/л; $C(HNO_3) = 1,0$ моль/л)

Максимальная степень извлечения (93,6 %) наблюдается при концентрации азотной кислоты $0,025$ моль/л, $pH_{равн} = 1,52$. Дальнейшее увеличение концентрации $HNO_3 > 0,05$ моль/л уменьшает извлечение молибдат-

ионов, однако при $C(HNO_3)$, равной $0,2$ моль/л, $E(MoO_4^{2-})$ составляет 87,7 %. Введение КОН оказывает большее влияние на экстракцию элемента и при $C(KOH)$, равной $0,2$ моль/л, его извлечение не превышает 16 %. По-видимому, это связано, с одной стороны, с нейтрализацией ССК и образованием сульфосалицилата калия, что приводит к нарушению отношения концентраций АП : ССК и, как следствие, к уменьшению объема ОФ и $E(MoO_4^{2-})$, %. С другой стороны, Мо (VI) переходит в устойчивую форму K_2MoO_4 , что также является причиной уменьшения $E(MoO_4^{2-})$.

С целью повышения степени извлечения молибдена (VI) исследовано влияние на этот процесс ряда неорганических солей-высаливателей (NH_4Cl , NH_4NO_3 , $(NH_4)_2SO_4$, Na_2SO_4). При этом дополнительно вводили $0,25$ мл $1,0$ моль/л HNO_3 для создания оптимального значения $pH_{равн}$ (1,52). Полученные данные приведены на рис. 4.

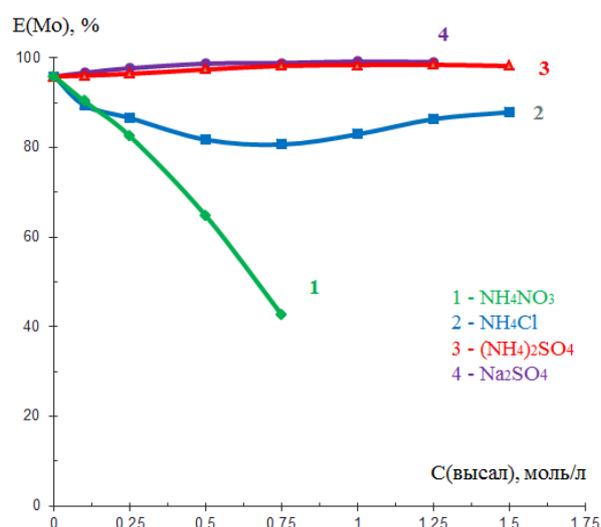


Рис. 4. Зависимость степени извлечения ионов молибдена (VI) от концентрации высаливателей ($C_{АП} = 0,60$ моль/л, $C_{ССК} = 0,30$ моль/л, $C(HNO_3) = 0,025$ моль/л)

Как следует из рис. 4, максимальную степень извлечения молибдена (VI) обеспечивают 1,25 моль/л $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (98,5 %), и 1,00 моль/л Na_2SO_4 (99,2 %). Необходимо отметить, что введение высаливателя увеличивает объем органической фазы почти вдвое ($V_{\text{ОФ}} = 2,2$ мл). По высаливающей способности, увеличивающей $E(\text{Mo})$, %, неорганические соли расположены в последовательности: $\text{Na}_2\text{SO}_4 > (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 > \text{NH}_4\text{NO}_3 > \text{NH}_4\text{Cl}$.

В оптимальных условиях расслаивания водной системы АП – ССК – H_2O – Na_2SO_4 построена изотерма экстракции молибдена (VI). Насыщение ОФ происходит при общей концентрации элемента в системе равной 0,53 моль/л, при этом концентрация молибдена (VI) в органической фазе составляет 0,41 моль/л. Оказалось, что с увеличением общего количества молибдена степень его извлечения в органическую фазу возрастает.

Оценивая приведенные результаты, можно отметить, что водная экстракционная система, образованная антипирином и сульфосалициловой кислотой в присутствии азотной кислоты и высаливателя, позволяет количественно извлекать макроколичества молибдена (VI), что дает возможность его извлечения из различных по составу объектов.

Заключение

Установлены закономерности распределения Мо (VI) из кислых водных растворов в органическую микрофазу, образованную диантипирилалканами и бензойной (салициловой) кислотой. Исследована возможность извлечения MoO_4^{2-} -анионов из растворов в расслаивающейся системе,

образованной антипирином и сульфосалициловой кислотой. Показано влияние природы кислоты, кислотности среды, введения неорганических высаливателей на распределение MoO_4^{2-} между водной и органической фазами. В оптимальных условиях извлечения построена изотерма экстракции молибдена (VI), свидетельствующая о высокой экстракционной емкости ОФ.

Библиографический список

1. Иванов В.М., Бусев А.И., Соколова Т.А. Экстракция в аналитической химии вольфрама // Журнал аналитической химии. 1975. Т. 30, вып. 9. С. 1784–1800.
2. Тананайко М.М., Горенштейн Л.И., Жидик Л.Г. Диантипирилметанпирокатехинатный комплекс молибдена и его аналитическое применение // Украинский химический журнал. 1970. Т. 36, вып. 7. С. 703–706.
3. Шевчук И.А., Дегтяренко Л.И. Определение микроколичеств высокомолекулярных органических оснований // Заводская лаборатория. 1968. Т. 34, № 8, С. 932–934.
4. Акимов В.К., Бусев А.И. Диантипирилпропилметан как аналитический реагент // Заводская лаборатория. 1972. Т. 38, № 1. С. 3–5.
5. Подчайнова В.Н., Долгоров А.В., Хазимова Л.А., Макаренко Н.П. Фотометрическое определение молибдена (VI) дитиопирилметаном // Межвуз. сб. науч. трудов «Органические реагенты в аналитической химии», Пермь: Пермский ун-т, 1981. С. 82–86.

6. Умланд Ф. Комплексные соединения в аналитической химии: теория и практика применения. М.: Мир, 1975. 531 с.
7. Will F., Yoe J. Colorimetric determination of molybdenum with disodium-1,2-dihydroxybenzene-3,5-disulfonate // *Analytica Chimica Acta*. 1953. Vol. 8. P. 546–557.
8. Бусев А.И., Фролкина В.А. Механизм экстракции молибдена (V) из солянокислых растворов. // *Журнал неорганической химии*. 1969. Т.14, вып. 5. С.1289–1295.
9. Марченко З. Фотометрическое определение элементов. М.: Мир, 1971. 324 с.
10. Peng P., Sandell E.B. Simultaneous spectrophotometric determination of tungsten and molybdenum with thiocyanate after α -benzoinoxime extraction // *Analytica Chimica Acta*. 1963. Vol. 29. P. 325–334.
11. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. М.: Химия, 1970. 360 с.
12. Дегтев М.И., Попова О.Н., Юминова А.А. Расслаивающиеся системы без органического растворителя – эффективный и безопасный тип экстракции ионов металлов // *Журн. прикладной химии*. 2013. Т. 86, № 8. С. 1174–1183.
13. Дегтев М.И., Юминова А.А., Аликина Е.Н. Расслаивающаяся система антипирин – сульфосалициловая кислота – вода для извлечения и определения макроколичеств ионов индия (III) // *Вода: химия и экология*. 2014. № 1(66). С. 86–91.
14. Дегтев М. И., Юминова А.А., Амиджанов А. А., Максимов А. С. Расслаивающиеся системы антипирина, сульфосалициловой кислоты, сульфата натрия и воды для извлечения макроколичеств ионов металлов // *Доклады АН Республики Таджикистан*. 2014. Т. 57, № 4. С. 315–320.
15. Амиджанов А.А., Дегтев М.И., Юминова А.А., Попова О.Н. Диантипирилалканы – эффективные реагенты в расслаивающихся системах с бензойной и салициловой кислотами // *Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук*. 2014. № 1 (154). С. 76–83.
16. Попова О.Н., Дегтев М.И., Рогожников С.И. Экстракция ионов олова (II) и (IV) в расслаивающейся системе антипирин – сульфосалициловая кислота – хлороводородная кислота – вода // *Вода: химия и экология*. 2012. № 11 (53). С. 85–90.
17. Дегтев М. И., Юминова А.А., Максимов А. С. Способ концентрирования микроколичеств галлия, индия, железа (III), скандия и таллия (III) без применения органического растворителя // *Вода: химия и экология*. 2015. № 10(88). С. 75–81.
18. Дегтев М.И., Юминова А.А., Попова О.Н., Копылова М.Д. Расслаивающаяся система с антипирином и сульфосалициловой кислотой для экстракции ионов металлов // *Вестник Пермского университета. Серия Химия*. 2014. № 1(13). С. 28–39.
19. Дегтев М. И., Юминова А.А., Копылова М.Д. Распределение ионов железа (III) в расслаивающейся системе антипирина, сульфосалициловой кислоты и высаливателя // *Приволжский научный вестник*. 2013. № 11(27). С. 32–36.

References

1. Ivanov, V.M., Busev, A.I. and Sokolova T.A. (1975), «Extraction of tungsten in analytical chemistry », *Journal of analytical chemistry*. Vol. 30, no. 9. p. 1784–1800 (In Russ.).
2. Tananayko, M.M., Gorenstein, L.I. and Zhidik, L.G. (1970), «Diantipyrylmethanepyrocatechinate molybdenum complex and its analytical application», *Ukrainian Chemical Journal*. Vol. 36, no. 7. p. 703–706 (In Russ.).
3. Shevchuk, I.A. and Degtyarenko, L.I. (1968), «Determination of micro quantities of high molecular weight organic bases», *Industrial Laboratory*. Vol. 34. no. 8, p. 932–934 (In Russ.).
4. Akimov, V.K. and Busev, A.I. (1972) «Diantipyrylpropylmethane as an analytical reagent», *Industrial Laboratory*. Vol. 38. no. 1. p. 3-5 (In Russ.).
5. Podchaynova, V.N., Dolgorev, A.V., Khazemova, L.A. and Makarenko, N.P. (1981), «Photometric determination of molybdenum (VI) with dithiopyrilmethane», *Interacademic collection of scientific papers "Organic reagents in analytical chemistry"*, Perm: Perm University. p. 82–86 (In Russ.).
6. Umland, F. *Complex compounds in analytical chemistry: theory and practice of application*. Mir, Moscow, Russia. 531 p.
7. Will, F. and Yoe, J. (1953), «Colorimetric determination of molybdenum with disodium-1,2-dihydroxybenzene-3,5-disulfonate», *Analytica Chimica Acta*. Vol. 8. p. 546–557.
8. Busev, A.I. and Frolkina, V.A. (1969), «The mechanism of extraction of molybdenum (V) from hydrochloric acid solutions», *Journal of inorganic chemistry*. Vol.14, no 5. p.1289–1295 (In Russ.).
9. Marchenko, Z. *Photometric determination of elements*. Mir, Moscow, Russia. 332 p.
10. Peng, P. and Sandell, E.B. «Simultaneous spectrophotometric determination of tungsten and molybdenum with thiocyanate after α -benzoinoxime extraction», *Analytica Chimica Acta*. 1963. Vol. 29. p. 325–334.
11. Schwarzenbach, G. and Flashka G. (1970), *Complexometric titration*. Chemistry, Moscow, Russia. 360 p.
12. Degtev, M.I., Popova, O.N. and Yuminova, A.A. (2013), «Exfoliating systems without an organic solvent are an effective and safe type of metal ions extraction», *J. of Applied Chemistry*. Vol. 86. no. 8. p. 1174–1183 (In Russ.).
13. Degtev, M.I., Yuminova, A.A. and Alikina, E.N. (2014), «The exfoliating system of antipyrine - sulfosalicylic acid - water for the extraction and determination of trace amounts of indium (III) ions», *Water: chemistry and ecology*. no. 1 (66). p. 86–91 (In Russ.).
14. Degtev, M.I., Yuminova, A.A., Aminjanov, A.A. and Maksimov A.S. (2014), «Exfoliating systems of antipyrine, sulfosalicylic acid, sodium sulfate and water for the extraction of macro-amounts of metal ions», *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*. Vol. 57. no. 4. p. 315–320 (In Russ.).
15. Aminjanov, A.A., Degtev, M.I., Yuminova, A.A. and Popova O.N. (2014), «Diantipyrylalkanes - effective reagents in exfoliating systems with benzoic and salicylic acids», *News of the Academy of Sciences of the*

- Republic of Tajikistan. Department of physical, mathematical, chemical, geological and technical sciences. no. 1 (154). p. 76–83 (In Russ.).
16. Popova, O.N., Degtev, M.I. and Rogozhnikov S.I. (2012), «Extraction of tin (II) and (IV) ions in the exfoliating system of antipyrine - sulfosalicylic acid - hydrochloric acid – water», *Water: chemistry and ecology*. no. 11 (53). p. 85–90 (In Russ.).
17. Degtev, M.I., Yuminova, A.A. and Maksimov A.S. (2015), « Concentration method of trace amounts of gallium, indium, iron (III), scandium and thallium (III) without the use of an organic solvent», *Water: chemistry and ecology*. no. 10 (88). p. 75–81 (In Russ.).
18. Degtev, M.I., Yuminova, A.A., Popova, O.N. and Kopylova, M.D. (2014), «The exfoliating system with antipyrine and sulfosalicylic acid for the extraction of metal ions», *Bulletin of Perm University. Series «Chemistry»*. no. 1 (13). p. 28–39 (In Russ.).
19. Degtev, M.I., Yuminova, A.A. and Kopylova M.D. (2013), «Distribution of iron (III) ions in the exfoliating system of antipyrine, sulfosalicylic acid and salting out agent», *Privolzhsky scientific bulletin*. no. 11 (27). p. 32–36 (In Russ.).

Об авторах

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

Юминова Александра Александровна,
кандидат химических наук, доцент
кафедры аналитической химии и экспертизы
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
aleks3004@list.ru

Кузалбаева Виктория Павловна,
магистр кафедры аналитической химии и
экспертизы
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
vkuzalbaeva@gmail.com

About the authors

Degtev Mikhail Ivanovich,
doctor of chemistry, professor, the head of a chair
of analytical chemistry and expertise
Perm State University
15 Bukirev St., Perm, Russia, 614990
anchem@psu.ru

Yuminova Aleksandra Aleksandrovna,
candidate of chemistry, docent of analytical
chemistry and expertise
Perm State University
15 Bukirev St., Perm, Russia, 614990
aleks3004@list.ru

Kuzalbayeva Viktoriya Pavlovna,
magister of analytical chemistry and expertise
Perm State University
15 Bukirev St., Perm, Russia, 614990
vkuzalbaeva@gmail.com

Информация для цитирования:

Дегтев М.И., Юминова А.А., Кузалбаева В.П. Экстракция макроколичеств молибдена (VI) в системах без органического растворителя // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2019. Т. 9, вып. 4. С. 342–350. DOI: 10.17072/2223-1838-2019-4-342-350.

Degtev M.I., Yuminova A.A., Kuzalbaeva V.P. *Ekstraksiia makrokolichestv molibdena (VI) v sistemakh bez organicheskogo rastvoritelia* [Extraction of molybdenum (VI) macroamounts in systems without organic solvent] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2019. Vol. 9. Issue 4. P. 342–350 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2019-4-342-350.