

УДК 542.61:546.65/66

ВЛИЯНИЕ ДИ-2-ЭТИЛГЕКСИЛСУЛЬФОСУКЦИНАТА ДИДЕЦИЛАММОНИЯ НА ЭКСТРАКЦИЮ АКТИНИДОВ И ЛАНТАНИДОВ(III) ТЕТРАОКТИЛДИГЛИКОЛЬАМИДОМ ИЗ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

© 2024 А. Н. Туранов^а, В. К. Карандашев^б, Г. В. Костикова^{с, *}

^аИнститут физики твердого тела им. Ю.А. Осипьяна РАН, 1
ул. Академика Осипьяна, д. 2, 142432, Черноголовка, Российская Федерация,

^бИнститут проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН,
ул. Академика Осипьяна, д. 6, 142432, Черноголовка, Российская Федерация

^сИнститут физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
Ленинский пр., д. 31, корп. 4, 119991, Москва, Российская Федерация

* e-mail: galyna_k@mail.ru

Поступила в редакцию 19.10.2024 г., после доработки 28.11.2024 г., принята к публикации 28.11.2024 г.

Установлено, что эффективность экстракции ионов лантанидов(III), америция(III) и тория(IV) из азотнокислых растворов тетраоктилдигликольамидом значительно увеличивается в присутствии ионной жидкости — ди-2-этилгексилсульфосукцината дидециламмония — в органической фазе. Рассмотрено влияние кислотности водной фазы на изменение коэффициентов распределения извлекаемых элементов и определена стехиометрия экстрагируемых комплексов.

Ключевые слова: экстракция, синергизм, торий(IV), америций(III), лантаниды(III), азотная кислота, тетраоктилдигликольамид, ионные жидкости

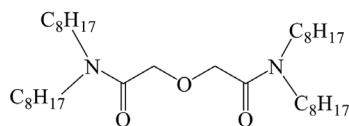
DOI: 10.31857/S0033831124060051

В последнее время возрос интерес к использованию ионных жидкостей (ИЖ) в качестве растворителей экстрагентов в процессах переработки отработанного ядерного топлива [1–3]. Установлено, что добавка даже небольших количеств ИЖ в органическую фазу значительно повышает эффективность экстракции ионов металлов растворами нейтральных бидентатных фосфорорганических соединений [4–6], а также диаминов дигликолевой кислоты [7, 8]. Поскольку процесс экстракции ионов металлов в присутствии ИЖ осуществляется по катионообменному механизму, он сопровождается заметным переходом компонентов ИЖ в водную фазу [9, 10]. Это не только приводит к заметным потерям ИЖ, но и создает дополнительные экологические проблемы при их использовании в экстракционных процессах. Одним из путей преодоления этого недостатка является использование ИЖ на основе катионов алкиламмония [11, 12]. Такие ИЖ обладают значительно большей гидрофобностью, меньшей токсичностью и простотой синтеза по сравнению с ИЖ на основе катионов 1-алкил-3-метилимидазолия [12]. В большинстве опубликованных работ по экстракции ионов металлов использовали ИЖ на основе аниона бис[(трифторметил)сульфонил]имида (Tf_2N^-)

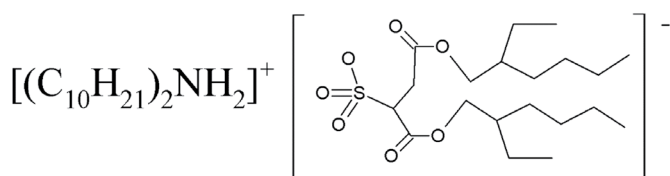
[13]. Интерес к использованию в экстракционной практике ИЖ с анионами, не содержащими фтора, в частности диалкилсульфосукцинатами, связан с их большей доступностью и значительно меньшей токсичностью [14]. Было установлено, что в двухфазных системах с ди-2-этилгексилсульфосукцинатами тетраалкиламмония не наблюдается эмульгирования и в насыщенных водой ИЖ не образуются обратные мицеллы, хотя известно, что ион ди-2-этилгексилсульфосукцината образует стабильные эмульсии типа “вода в масле” и обратные мицеллы в двухфазных системах масло–вода [14]. Неразбавленные ИЖ на основе анионов диалкилсульфосукцинатов экстрагируют ионы металлов из нейтральных и слабокислых водных растворов [15, 16], и поэтому их относят к функционализированным ИЖ [17, 18].

В предыдущих работах [19, 20] было показано, что добавка небольших количеств диалкилсульфосукцинатов 1-алкил-3-метилимидазолия в органическую фазу приводит к значительному повышению эффективности экстракции ионов Ln(III) растворами оксидов карбамоилметилфосфинов из азотнокислых сред.

В настоящей работе исследовано влияние ионной жидкости ди-2-этилгексилсульфосукцината дидециламмония (DDAH₂SSu) на экстракцию ионов актинидов и лантанидов(III) тетраоктилдигликольамидом (ТОДГА) из азотнокислых растворов.



ТОДГА

DDAH₂SSu

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Тетраоктилдигликольамид [21] и ди-2-этилгексилсульфосукцинат дидециламмония [14] синтезированы по известным методикам. В качестве органического растворителя при проведении экстракции использовали додекан (Вектон) марки х.ч. без дополнительной очистки. Растворы ТОДГА и DDAH₂SSu в додекане готовили по точным навескам.

Исходные водные растворы готовили растворением соответствующих нитратов Th(IV), U(VI) и Ln(III) в воде с последующим добавлением HNO₃ до требуемой концентрации. Все ионы Ln(III) (кроме Pm) присутствовали в растворе, исходная концентрация каждого из них составляла 1×10^{-5} моль/л. Контакт фаз осуществляли при температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$ на аппарате для перемешивания со скоростью 60 об/мин в течение 1 ч, что достаточно для установления постоянных значений коэффициентов распределения (D).

Концентрацию Th(IV), U(VI) и Ln(III) в исходных и равновесных водных растворах определяли методом масс-спектрометрии с ионизацией пробы в индуктивно связанной плазме с использованием масс-спектрометра XSeries II (Thermo Scientific, США). Содержание ионов металлов в органической фазе определяли как разницу между их концентрациями до и после экстракции. Когда эта разница была мала, содержание элементов в органической фазе определяли после реэкстракции водным раствором 0.1 моль/л оксиэтилидендифосфоновой кислоты. Значения коэффициентов распределения (D) рассчитывали как отношение концентраций ионов металлов в равновесных органической и водной фазах. Погрешность определения коэффициентов распределения не превышала 10%.

Коэффициенты распределения $^{241}\text{Am(III)}$ определяли как отношение γ -активности аликвот равновесных органической и водной фаз. Активность проб измеряли при помощи гамма, бета, альфа-спектрометра-радиометра МКГБ-01 (Scientific Technical Centre RADEK Ltd.) на основе NaI-детектора размером 51×51 мм. Правильность измерений контролировали по сходимости материального баланса активности исходной водной и суммы активностей равновесных водной и органической фаз.

Концентрацию HNO₃ в равновесных водных фазах определяли потенциометрическим титрованием раствором NaOH.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрено влияние концентрации HNO₃ в водной фазе на коэффициенты распределения Th(IV), U(VI), Am(III) и Eu(III) при экстракции раствором ТОДГА в додекане и смесью ТОДГА-DDAH₂SSu в додекане. Установлено, что в условиях этого эксперимента U(VI) практически не экстрагируется ($D_U < 10^{-2}$). Как видно из данных рис. 1, присутствие DDAH₂SSu в органической фазе приводит к увеличению экстракции Th(IV) во всем исследованном интервале концентрации HNO₃, а Am(III) и Eu(III) — при $[\text{HNO}_3] < 6$ моль/л. Предварительно установлено, что растворы DDAH₂SSu в додекане практически не экстрагируют Th(IV), U(VI), Am(III) и Ln(III) из азотнокислых растворов (значения D не превышают 10^{-2}). Наблюдаемый синергетический

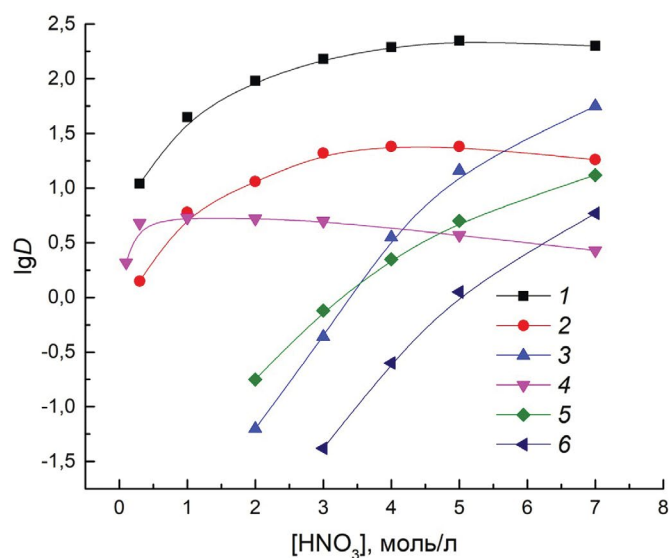


Рис. 1. Зависимость коэффициентов распределения Th(IV) (1, 5), Eu(III) (2, 3) и Am(III) (4, 6) от концентрации HNO₃ в равновесной водной фазе при экстракции растворами 0.002 моль/л ТОДГА в додекане (3, 5) и в додекане, содержащем DDAH₂SSu (1, 2, 4). Концентрация DDAH₂SSu, моль/л: 1 — 0.002; 2, 4 — 0.01.

эффект может быть связан с вхождением гидрофобных анионов SSu^- в состав экстрагируемых комплексов, приводящим к увеличению их гидрофобности по сравнению с сольватированными нитратами Th(IV), Am(III) и Ln(III), экстрагируемыми растворами ТОДГА из азотнокислых растворов. Величину синергетического эффекта обычно выражают как $SC = D/D_{(0)}$ (где D и $D_{(0)}$ — коэффициенты распределения в присутствии и в отсутствие ИЖ в органической фазе). Величина SC существенно уменьшается с ростом концентрации HNO_3 (рис. 1). При экстракции из раствора 3 моль/л HNO_3 величина SC увеличивается в ряду Eu(III) (48) < Am(III) (120) < Th(IV) (200). Поскольку эффект синергизма при экстракции смесью ТОДГА– DDAH_2SSu в додекане проявляется в случае Am(III) в большей степени, чем при экстракции Eu(III), коэффициент разделения Eu(III) и Am(III) ($\beta_{\text{Eu/Am}} = D_{\text{Eu}}/D_{\text{Am}}$) в системе со смесью ТОДГА– DDAH_2SSu ниже ($\beta_{\text{Eu/Am}} = 4.2$), чем при экстракции раствором ТОДГА в додекане ($\beta_{\text{Eu/Am}} = 10.5$).

При экстракции Ln(III) смесью ТОДГА– DDAH_2SSu зависимости $\lg D_{\text{Ln}} - \lg[\text{HNO}_3]$ характеризуются кривыми с максимумами (рис. 2), положение которых сдвигается в сторону более высокой концентрации кислоты по мере увеличения атомного номера Ln(III) (Z) (рис. 2). При экстракции Ln(III) как раствором ТОДГА в додекане, так и смесями ТОДГА– DDAH_2SSu наблюдается увеличение величины D_{Ln} с увеличением Z (рис. 3). Это связано с увеличением устойчивости комплексов Ln(III) с жестким (по Пирсону) лигандом ТОДГА по мере увеличения плотности заряда ионов Ln^{3+} вследствие уменьшения их ионных радиусов с возрастанием Z [22]. Положение Am(III) в ряду Ln(III) между Nd(III) и Sm(III) соответствует близости их ионных

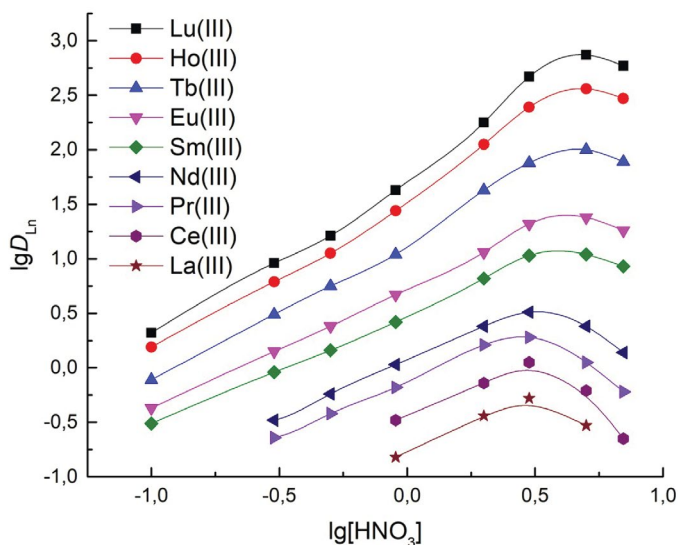


Рис. 2. Зависимость коэффициентов распределения Ln(III) от концентрации HNO_3 в равновесной водной фазе при экстракции растворами 0.002 моль/л ТОДГА в додекане, содержащем 0.01 моль/л DDAH_2SSu .

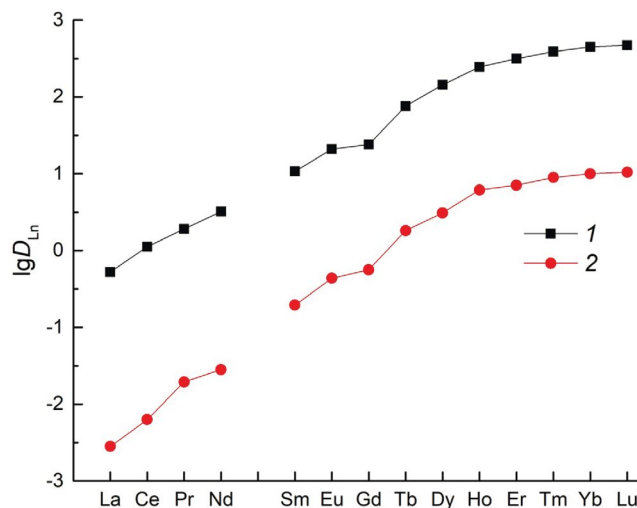


Рис. 3. Коэффициенты распределения Ln(III) при экстракции из растворов 3 моль/л HNO_3 растворами 0.002 моль/л ТОДГА в додекане (2) и додекане, содержащем 0.01 моль/л DDAH_2SSu (1).

радиусов [23]. При экстракции из раствора 3 моль/л HNO_3 величина SC уменьшается в ряду Ln(III) от 141 для La(III) до 48 для Eu(III), а затем мало изменяется с увеличением Z .

При постоянной концентрации ионов NO_3^- в водной фазе увеличение концентрации ионов H^+ приводит к снижению D_{Ln} La(III)–Nd(III) при экстракции смесью ТОДГА– DDAH_2SSu (рис. 4). Тангенс угла наклона зависимости $\lg D_{\text{Ln}} - \lg[\text{H}^+]$ для этих Ln(III) составляет -0.6 ± 0.1 . В случае экстракции

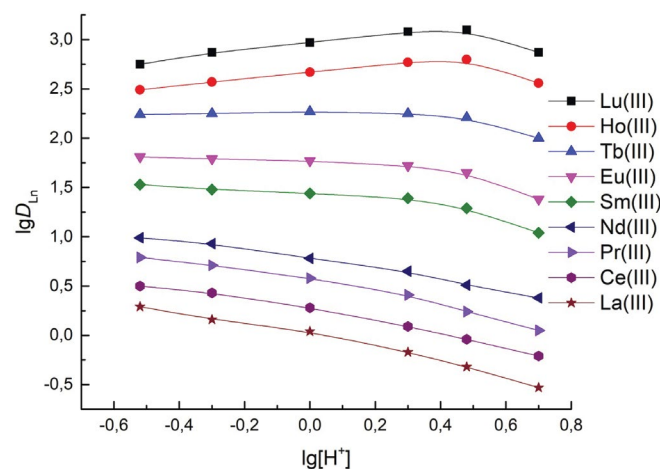


Рис. 4. Зависимость коэффициентов распределения Ln(III) от концентрации ионов H^+ в равновесной водной фазе при экстракции растворами 0.002 моль/л ТОДГА в додекане, содержащем 0.01 моль/л DDAH_2SSu , при постоянной концентрации ионов NO_3^- (5.0 моль/л).

Sm(III)–Tb(III) уменьшение D_{Ln} с увеличением кислотности водной фазы менее заметно, а при экстракции Ho(III)–Lu(III) увеличение $[H^+]$ от 0.3 до 3 моль/л приводит даже к некоторому увеличению D_{Ln} (рис. 4). Эти данные указывают на то, что HNO_3 не входит в состав комплексов La(III)–Tb(III), экстрагируемых смесью ТОДГА–DDAH₂SSu. Напротив, при экстракции Am(III) и Eu(III) растворами ТОДГА отмечено образование комплексов, в состав которых входят молекулы HNO_3 [24–26].

При постоянной кислотности водной фазы увеличение в концентрации ионов NO_3^- в ней сопровождается ростом D_{Ln} при экстракции смесью ТОДГА–DDAH₂SSu (рис. 5). Тангенс угла наклона зависимости $\lg D_{Ln} - \lg [NO_3^-]$ для всех Ln(III) составляет 1.5 ± 0.1 . Это указывает на участие ионов NO_3^- в образовании экстрагируемых комплексов в системах с ТОДГА и DDAH₂SSu.

Увеличение кислотности водной фазы различным образом влияет на экстракцию РЗЭ раствором ТОДГА и смесью его с DDAH₂SSu в додекане. В системе с ТОДГА ионы Ln(III) (за исключением La(III)) экстрагируются из раствора 5 моль/л HNO_3 более эффективно, чем из раствора 5 моль/л NH_4NO_3 , причем отношение $D_{Ln}(HNO_3)/D_{Ln}(NH_4NO_3)$ возрастает в ряду Ln(III) от 1.4 (Ce) до 61 (Lu) (рис. 6). Это связано с тем, что HNO_3 входит в состав экстрагируемых комплексов. Можно предположить, что не только свободные молекулы ТОДГА, но и их комплексы с HNO_3 участвуют в комплексообразовании с ионами Ln(III). Напротив, в системе с ТОДГА–DDAH₂SSu ионы La(III)–Tb(III) экстрагируются из раствора 5 моль/л HNO_3 менее эффективно, чем из раствора 5 моль/л NH_4NO_3 , а ионы Dy(III)–Lu(III) – с более высокими D_{Ln} , при этом отношение $D_{Ln}(HNO_3)/D_{Ln}(NH_4NO_3)$ возрастает от 1.3 (Dy) до 4.5 (Lu), т.е. в гораздо меньшей степени, чем в системе с ТОДГА (рис. 6). Эти данные указывают на то, что доля комплексов тяжелых Ln(III), экстрагируемых смесью ТОДГА–DDAH₂SSu, в состав которых могут входить молекулы HNO_3 , значительно меньше, чем при экстракции растворами ТОДГА в додекане. Сравнение величины SC при экстракции Ln(III) из растворов 5 моль/л HNO_3 и 5 моль/л NH_4NO_3 показывает, что в кислых средах синергизм в присутствии DDAH₂SSu проявляется в значительно меньшей степени. Например, при экстракции Eu(III) из растворов 5 моль/л HNO_3 и 5 моль/л NH_4NO_3 величины SC составляют 1.7 и 155 соответственно.

Стехиометрическое соотношение металл : ТОДГА в экстрагируемых комплексах определено методом сдвига равновесия. Для этого рассмотрены зависимости коэффициентов распределения ионов металлов от концентрации ТОДГА в додекане в присутствии DDAH₂SSu при постоянной концентрации HNO_3 в водной фазе. Тангенс угла наклона зависимостей $\lg D_{Th} - \lg [L]$ составляет 2.5 ± 0.1

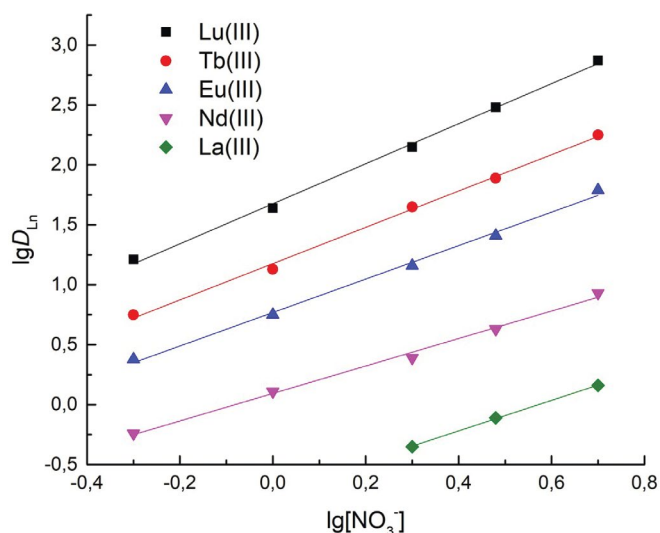


Рис. 5. Зависимость коэффициентов распределения Ln(III) от концентрации ионов NO_3^- в равновесной водной фазе при экстракции растворами 0.002 моль/л ТОДГА в додекане, содержащем 0.01 моль/л DDAH₂SSu, при постоянной концентрации ионов H^+ (0.5 моль/л).

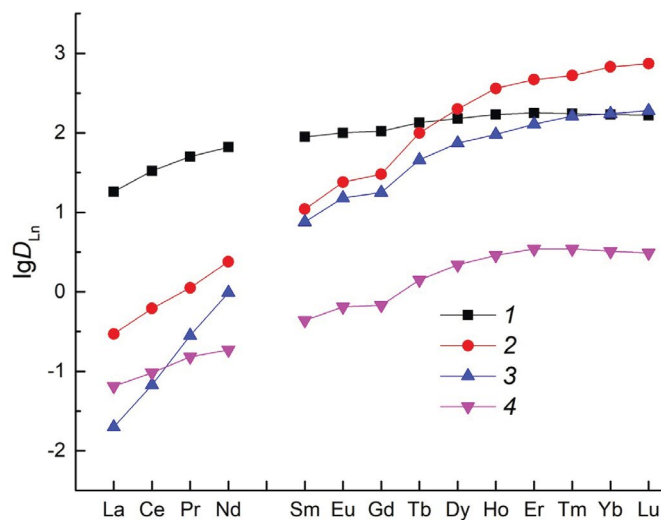


Рис. 6. Коэффициенты распределения Ln(III) при экстракции из растворов 5 моль/л HNO_3 (2, 3) и 5 моль/л NH_4NO_3 (1, 4) растворами 0.002 моль/л ТОДГА в додекане (3, 4) и додекане, содержащем 0.01 моль/л DDAH₂SSu (1, 2).

(рис. 7), что указывает на экстракцию ионов Th(IV) из азотнокислых растворов в виде ди- и трисольватов. При экстракции La(III)–Nd(III) и Am(III) тангенс угла наклона зависимостей $\lg D - \lg [L]$ составляет 1.7 ± 0.1 , что указывает на экстракцию этих ионов из азотнокислых растворов в виде моно- и дисольватов. Остальные Ln(III) экстрагируются в виде ди- и трисольватов, причем доля последних в органической фазе возрастает в ряду Ln(III) от Eu(III) до Lu(III). Различие в стехиометрии экстрагируемых

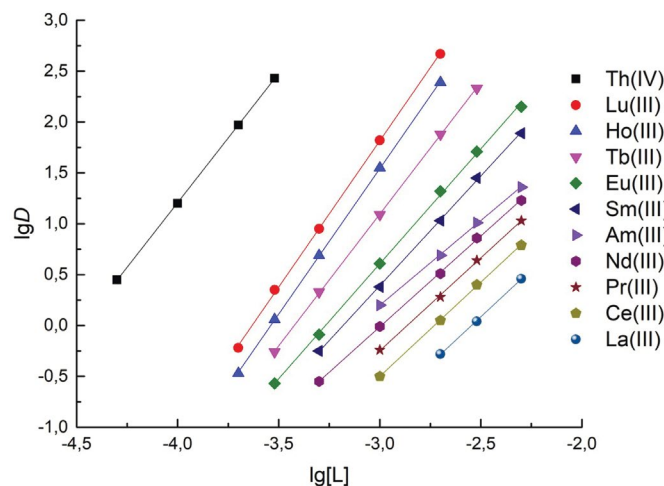


Рис. 7. Зависимость коэффициентов распределения Th(IV) и Ln(III) от концентрации ТОДГА в додекане, содержащем 0.01 моль/л DDAH₂SSu, при экстракции из растворов 3 моль/л HNO₃.

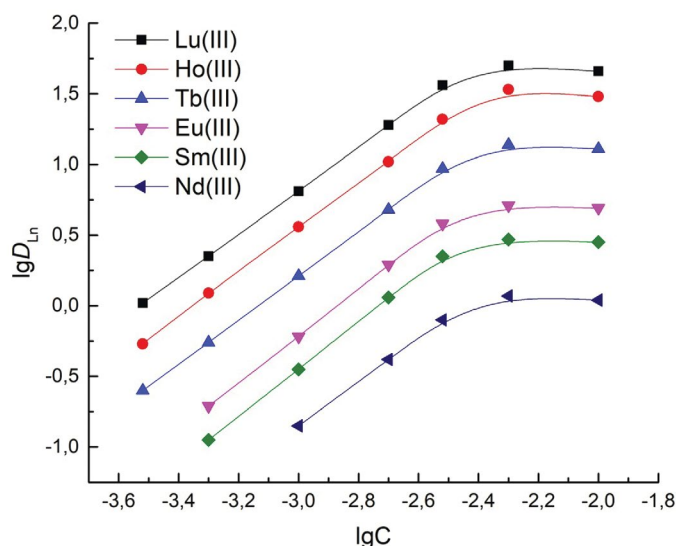
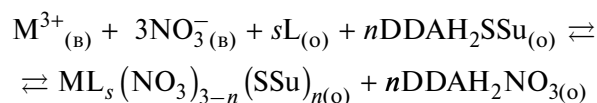


Рис. 8. Зависимость коэффициентов распределения Ln(III) от концентрации DDAH₂SSu в додекане, содержащем 0.002 моль/л ТОДГА, при экстракции из растворов 1 моль/л HNO₃.

комплексов Am(III) и Eu(III) (рис. 7) приводит к тому, что величина $\beta_{Eu/Am}$ возрастает с ростом концентрации ТОДГА в органической фазе. Данные рис. 7 указывают на то, что в присутствии DDAH₂SSu в органической фазе Th(IV) экстрагируется из раствора 3 моль/л HNO₃ значительно более эффективно, чем Ln(III) и Am(III), хотя в отсутствие DDAH₂SSu значения D_{Th} и D_{Eu} близки (рис. 1, кривые 3 и 5). Это указывает на то, что эффект синергизма проявляется при экстракции Th(IV) в значительно большей степени, чем при экстракции Ln(III) и Am(III).

Рассмотрено влияние концентрации DDAH₂SSu в органической фазе на D_{Ln} при экстракции Ln(III) из азотнокислых растворов. При постоянной концентрации ТОДГА в органической фазе увеличение концентрации DDAH₂SSu до 0.005 моль/л приводит к росту D_{Ln} . При этом тангенс угла наклона линейного участка зависимости $\lg D_{Ln} - \lg [DDAH_2SSu]$ составляет 1.5 ± 0.1 (рис. 8), что указывает на участие одного или двух ионов SSu⁻ в образовании экстрагируемых комплексов. Дальнейшее увеличение концентрации DDAH₂SSu мало влияет на изменение D_{Ln} . Это может быть связано со взаимодействием ТОДГА и DDAH₂SSu в органической фазе подобно взаимодействию ТОДГА с бис[(трифторметил)сульфонил]имидом 1-бутил-3-метилимидазолия [24]. Такое взаимодействие может приводить к снижению концентрации экстрагента в органической фазе.

С учетом найденных стехиометрических коэффициентов процесс экстракции Ln(III) и Am(III) растворами ТОДГА (L) в присутствии DDAH₂SSu в органической фазе может быть описан уравнением



(где символы (о) и (в) относятся к компонентам экстракционной системы в органической и водной фазах соответственно; $s = 1, 2$ или 3 ; $n = 1$ или 2).

Следует отметить, что существенным достоинством DDAH₂SSu является его хорошая растворимость даже в малополярных органических растворителях. Это расширяет возможности использования его в качестве добавки в экстракционных системах по сравнению с бис[(трифторметил)сульфонил]имидами 1-алкил-3-метилимидазолия, которые растворимы только в полярных разбавителях.

Представленные данные показали, что в присутствии ионной жидкости DDAH₂SSu в органической фазе эффективность экстракции ионов Th(IV), Am(III) и Ln(III) растворами ТОДГА из азотнокислых растворов значительно возрастает. Добавка DDAH₂SSu мало влияет на $\beta_{Eu/Am}$, но приводит к значительному увеличению коэффициентов разделения Th(IV) и Ln(III).

ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена в рамках госзаданий 2024 г. Института физики твердого тела им. Ю.А. Осипьяна РАН, Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН и Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Iqbal M., Waheed K., Rahat S.B., Mehmood T., Lee M.S. // J. Radioanal. Nucl. Chem. 2020. Vol. 325. P. 1. <https://doi.org/10.1007/s10967-020-07199-1>
2. Mohapatra P.K. // Chem. Prod. Proc. Model. 2015. Vol. 10. P. 135. <https://doi.org/10.1515/cppm-2014-0030>
3. Белова В.В. // Радиохимия. 2021. Т. 63. С. 3; [Belova V.V. // Radiochemistry. 2021. Vol. 63. P. 1]. <https://doi.org/10.1134/S106636222101001X>
4. Туранов А.Н., Карандашев В.К., Баулин В.Е. // Радиохимия. 2008. Т. 50. № 3. С. 229.
5. Прибылова Г.А., Смирнов И.В., Новиков А.П. // Радиохимия. 2012. Т. 54. № 5. С. 435.
6. Gan Q., Cai Y., Fu K., Yuan L., Feng W. // Radiochim. Acta. 2020. Vol. 108. P. 239.
7. Turanov A.N., Karandashev V.K., Baulin V.E. // Solvent Extr. Ion Exch. 2010. Vol. 28. P. 367. <https://doi.org/10.1080/07366291003684238>
8. Turanov A.N., Karandashev V.K., Khvostikov V.A. // Solvent Extr. Ion Exch. 2017. Vol. 35. P. 461.
9. Gaillard C., Boltoeva M., Billard I., Georg S., Mazan V., Ouadi A., et al. // ChemPhysChem. 2015. Vol. 16. P. 2653.
10. Dietz M.L. // Sep. Sci. Technol. 2006. Vol. 41. P. 2047. <https://doi.org/10.1080/01496390600743144>
11. Rout A., Ramanathan N. // J. Mol. Liq. 2020. Vol. 319. Article 114016.
12. Venkateswara Rao Ch., Rout A., Venkatesan K.A. // Sep. Purif. Technol. 2019. Vol. 213. P. 545.
13. Atanassova M. // J. Mol. Liq. 2021. Vol. 343. Article 117530.
14. Nishi N., Kawakami T., Shigematsu F., Yamamoto M., Kakiuchi T. // Green Chem. 2006. Vol. 8. P. 349.
15. Vendilo A.G., Djigailo D.I., Smirnova S.V., Tororeshnikova I.I., Popov K.I., Krasovsky V.G., Pletnev I.V. // Molecules. 2009. Vol. 14. P. 5001. <https://doi.org/10.3390/molecules144125001>
16. Depuydt D., Dehaen W., Binnemans K. // ChemPlusChem. 2017. Vol. 82. P. 458.
17. Iqbal M., Waheed K., Rahat S.B., Mehmood T., Lee M.S. // J. Radioanal. Nucl. Chem. 2020. Vol. 325. P. 1. <https://doi.org/10.1007/s10967-020-07199-1>
18. Fei Z., Geldbach T.J., Zhao D., Dyson P.J. // Chem. Eur. J. 2006. Vol. 12. P. 2122.
19. Туранов А.Н., Карандашев В.К., Бурмий Ж.П., Яркевич А.Н. // ЖОХ. 2022. Т. 92. № 3. С. 470; [Turanov A.N., Karandashev V.K., Burmii Zh.P., Yarkovich A.N. // Russ. J. Gen. Chem. 2022. Vol. 92. № 3. P. 418]. <https://doi.org/10.1134/S1070363222030082>
20. Туранов А.Н., Карандашев В.К., Артющин О.И., Шарова Е.В. // ЖОХ. 2023. Т. 93. № 7. С. 1744.
21. Sasaki Y., Choppin G.R. // Anal. Sci. 1996. Vol. 12. P. 225.
22. Nash K.L., Jensen M.P. // Sep. Sci. Technol. 2001. Vol. 36. N 5–6. P. 1257. <https://doi.org/10.1081/SS-100103649>
23. Shannon R.D. // Acta Crystallogr., Sect. A. 1976. Vol. 32. P. 751.
24. Sasaki Y., Rapold P., Arisaka M., Hirata M., Kimura T. // Solvent Extr. Ion Exch. 2007. Vol. 25. P. 187.
25. Ansari S.A., Pathak P.N., Mohapatra P.K., Manchanda V.K. // Chem. ReVol. 2012. Vol. 112. P. 1751. <https://doi.org/10.1021/cr200002f>
26. Шаров В.Э., Костикова Г.В. // Радиохимия. 2023. Т. 65. № 3. С. 418.

Effect of Didecylammonium Di-2-ethylhexyl Sulfosuccinate on the Extraction of Actinides and Lanthanides (III) with Tetraoctyldiglycolamide from Nitric Acid Solutions

A. N. Turanov^a, V. K. Karandashev^b, and G. V. Kostikova^c *

^aOsipyan Institute of Solid State Physics, RAS,

ul. Akademika Osip'yana 2, 142432 Chernogolovka, Russia

^bInstitute of Microelectronics Technology and High Purity Materials, RAS,

ul. Akademika Osip'yana 6, 142432 Chernogolovka, Russia

^cFrumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, RAS,

Leninskii pr. 31, korp. 4, 119991 Moscow, Russia

* e-mail: galyna_k@mail.ru

Received October 19, 2024; revised November 28, 2024; accepted November 28, 2024

It was found that the efficiency of the extraction of lanthanide(III), americium(III), and thorium(IV) ions from nitric acid solutions with tetraoctyldiglycolamide significantly increases in the presence of an ionic liquid, didecylammonium di-2-ethylhexyl sulfosuccinate in the organic phase. The effect of the aqueous phase acidity on the distribution ratios of the extracted elements was considered, and the stoichiometry of the extracted complexes was determined.

Keywords: extraction, synergism, thorium(IV), americium(III), lanthanides(III), nitric acid, tetraoctyldiglycolamide, ionic liquids