**Синергетная экстракция редкоземельных элементов N,O-гибридными лигандами с гидрофобными катионами**

***Казанина Дарина Александровна***

*Инженер 2 категории*

*Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, Санкт-Петербург, Россия*

*E-mail: Kazanina@khlopin.ru*

Химия экстракции лантанидов и их отделения от актинидов активно изучается для решения задач экстракционной переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Известно, что добавление гидрофобного аниона в экстракционную систему с нейтральным би- или поли-дентатным лигандом, как правило, приводит к повышению коэффициентов распределения металлов (наблюдается положительный синергетный эффект). В качестве нейтральных лигандов ранее были предложены карбамоилфосфиноксиды, а также диамиды кислот (малоновой, дигликолевой, пиридиндикарбоновой и др.). В качестве гидрофобного аниона — хлорированный дикарболлид кобальта (ХДК), фосфорорганические кислоты и сульфокислоты. Выявлено, что величина синергетного эффекта может достигать нескольких порядков.

Многообещающими на сегодняшний день экстрагентами для выделения актинидов из растворов цикла переработки ОЯТ являются N,O-гибридные донорные лиганды (диамиды гетероциклических дикислот-2,6-пиридиндикарбоновой, 2,2’,6,6’- дипиридилдикарбоновой, 1,10-фентантролин-2,9-дикарбоновой), которые сейчас активно изучаются [1]. Установлено, что диамиды пиридиндикарбоновой кислоты и дипиридилдикарбоновой кислоты проявляют значительный синергетный эффект в смеси с ХДК [2]. Известно также, что ди-(2этилгексиловый эфир) сульфоянтарной кислоты (Aerosol OT, AOT) резко увеличивает коэффициенты распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) при экстракции тетраоктилдиамидом дигликолевой кислоты [3] и карбамоилфосфиноксидами [4].

В настоящей работе показана зависимость синергетного эффекта от строения лиганда, соотношения лиганд:АОТ, кислотности водной фазы. Так, при экстракции 0.1 М диэтилдитолилдиамидом 2,6-пиридиндикарбоновой кислоты + 0.01 М АОТ в Ф-3 из 0.1 М HNO3 коэффициенты распределения европия равны 100, из 3 М HNO3 – 9.5. Увеличение коэффициента распределения c применением АОТ для 0.1 М HNO3 более трех порядков, а для 3 М HNO3 – всего в 10 раз. Аналогичная зависимость наблюдается для метилового эфира 6-(N-(4-толил)-N-этилкарбамоил)-пиридин-2,6-дикарбоновой кислоты (TECDA). Это соединение практически не экстрагирует РЗЭ из HNO3 (коэффициенты распределения менее 0.01), тогда как для смеси 0.1 МTECDA **+** 0.01 МАОТ в Ф-3 из 0.1 М, 1 М и 3 М HNO3 коэффициенты распределения европия составляют44, 4 и 0.3,соответственно. Также в работе приведены данные по экстракции РЗЭ смесями N,O-гибридных лигандов с АОТ и изучено его влияние на их разделение.

**Литература**

1. Alyapyshev M., Babain V., Kirsanov D. Isolation and purification of actinides using N, O-hybrid donor ligands for closing the nuclear fuel cycle // Energies. 2022. Vol. 15 (19).

2. Alyapyshev M., Babain V., Borisova N., Eliseev I., Kirsanov D., Kostin A., Legin A., Reshetova M., Smirnova Z. 2,2’-Dipyridyl-6,6’-dicarboxylic acid diamides: Synthesis, complexation and extraction properties // Polyhedron. 2010. Vol. 29. P. 1998-2005.

3. Nakase M., Sasaki Y., Takeshita K. Synergistic Extraction of Lanthanides in a Liquid-Liquid Countercurrent Centrifugal Extractor // Separation Science and Technology. 2014. Vol. 49. P.P. 2478-2484.

4. Naganawa H., Suzuki H., Tachimori S. Cooperative e.ect of carbamoylmethylene phosphine oxide on the extraction of lanthanides(III) to water-in-oil microemulsion from concentrated nitric acid medium // Phys. Chem. Chem. Phys. 2000. Vol. 2. P.P. 3247-3253.