

**Ho (III) Solvent Sublation from aqueous solutions by sodium dodecyl sulfate  
Berlinskij I.<sup>1</sup>, Lobacheva O.<sup>2</sup>, Efimov I.<sup>3</sup> (Russian Federation)  
Флотозэкстракция Ho (III) из разбавленных водных растворов  
с додецилсульфатом натрия  
Берлинский И. В.<sup>1</sup>, Лобачева О. Л.<sup>2</sup>, Ефимов И. И.<sup>3</sup> (Российская Федерация)**

<sup>1</sup>Берлинский Игорь Вячеславович / Berlinskij Igor Vjacheslavovich – кандидат химических наук, доцент;

<sup>2</sup>Лобачева Ольга Леонидовна / Lobacheva Olga Leonidovna – кандидат химических наук, доцент,  
кафедра общей и физической химии;

<sup>3</sup>Ефимов Игнатий Ильич / Efimov Ignatij Il'ich –

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург

**Аннотация:** экспериментально определены возможности извлечения ионов гольмия из разбавленных водных растворов адсорбционно-пузырьковым методом - флотозэкстракции с использованием поверхностно-активного вещества - додецилсульфата натрия. Определены кинетические закономерности флотозэкстракционного процесса в растворах, содержащих ионы гольмия и додецилсульфата натрия. Установлено, что гольмий (III) из водных разбавленных растворов флотируется в форме основного додецилсульфата -  $\text{Ho}(\text{OH})(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3)_2$ .

**Abstract:** the possibility of the experimental removal of the holmium (III) from dilute aqueous solutions by adsorption-bubble method-Solvent Sublation using dodecyl sulfate sodium is determined. Solvent Sublation process kinetic laws are defined in the solutions containing holmium ions and surface-active substance. It has been established that holmium (III) from water dilute solutions is floated in the form of the base dodecyl sulfate salt -  $\text{Ho}(\text{OH})(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3)_2$ .

**Ключевые слова:** редкоземельные металлы, додецилсульфат натрия, флотозэкстракция.

**Keywords:** rare-earth elements, sodium dodecyl sulfate, solvent sublation.

Адсорбционно-пузырьковые методы разделения веществ широко используются в настоящее время для извлечения и разделения ионов редкоземельных металлов (РЗМ) [1-3]. Руда перерабатывается для производства концентратов, содержащих 60-80 % смешанных РЗМ в виде оксидов, в основном с использованием флотационной технологии [4], экстракции органическими реагентами, ионный обмен [2, 3, 5, 6]. В работе использовали поверхностно-активное вещество, представляющее собой молекулы с ионогенной функциональной группой и органическим радикалом с большим числом атомов углерода – додецилсульфат натрия. В процессе флотозэкстракции поверхностно-активное вещество (ПАВ) взаимодействует с неорганическим ионом (катионом металла), и образующийся сублат удаляется из раствора на поверхности газового пузырька в органический слой, находящийся над водной фазой.

Флотозэкстракция - адсорбционно-пузырьковый метод поверхностного разделения, в котором всплывающие пузырьки газа переносят адсорбированное на них вещество (сублат) из одной жидкости в другую [7]. Флотозэкстракция (solvent sublation) является комбинацией флотации ионов или молекул с жидкостной экстракцией. В отличие от обычной жидкостной экстракции, во флотозэкстракции массопередача из водной фазы в органическую происходит с участием пузырьков. Кроме того, объем органической фазы сравнительно мал, так как он определяется только емкостью по отношению к сублату и площадью поперечного сечения аппарата. Процесс реализуется при небольших расходах газа, не разрушающих верхний слой органической жидкости. Экспериментальные данные по флотозэкстракции во взаимных системах свидетельствуют о том, что в процессе флотозэкстракции можно добиться более эффективного выделения веществ, чем при экстракции и ионной флотации [7-10].

В данной работе исследована возможность извлечения ионов гольмия (III) методом флотозэкстракции с использованием в качестве собирателя додецилсульфат натрия (NaDS), в качестве флотозэкстрагента – изо-октиловый спирт. Концентрация ионов гольмия в модельных растворах составляла 0,001 моль/кг. В каждом опыте 200 мл исследуемого раствора  $\text{Ho}(\text{NO}_3)_3$ , содержащий NaDS и 5 мл органической фазы (изо-октиловый спирт) помещали в колонку диаметром 0,035 м. Процесс флотозэкстракции проводили до постоянной остаточной концентрации Ho (III), которую определяли по стандартным методикам. Значения pH раствора контролировали с помощью иономера «Анион 7010» со стеклянным электродом. Для установления pH растворов использовали растворы азотной кислоты или гидроксида натрия.

Содержание Ho (III) в органической фазе рассчитывали по разности концентраций в исходной и равновесной водной фазах:

$$C_{org} = (C_0 - C_{aq}) \cdot \frac{V_{aq}}{V_{org}},$$

где  $C_{org}$  и  $C_{aq}$  - концентрации ионов гольмия в органической и водной фазах соответственно, моль/кг;  $C_0$  – начальная концентрация ионов гольмия в водной фазе, моль/кг;  $V_{aq}$  и  $V_{org}$  – объемы водной и органических фаз соответственно. Коэффициент распределения ( $K_{распр.}$ )  $Me^{+3}$  между водной и спиртовой фазами определялся по формуле:

$$K_{распр} = \frac{C_{org}}{C_{aq}} = \frac{V_{aq}}{V_{org}} \left( \frac{C_0}{C_{aq}} - 1 \right)$$

Коэффициент распределения выражает соотношение концентраций веществ в обеих фазах, и эта величина зависит от условий распределения и не зависит от объемов фаз [8].

На рисунке 1 представлены кинетические зависимости концентрации  $Ho(III)$  от времени флотозекстракционного процесса при различных значениях pH раствора.

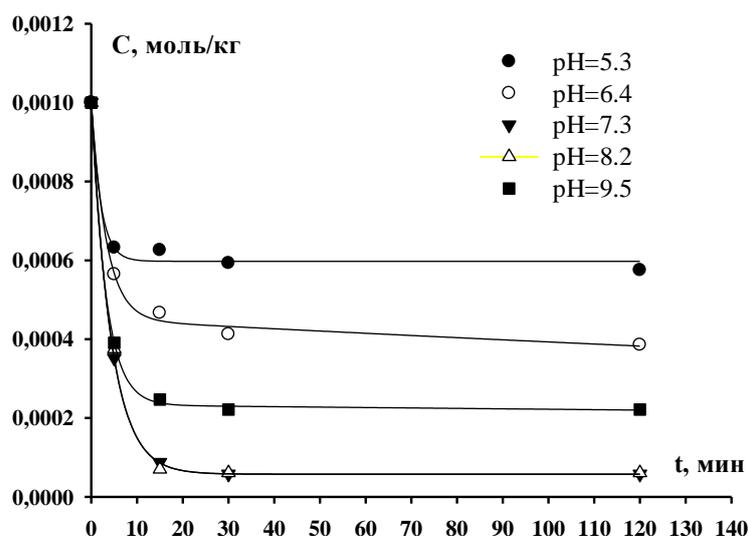


Рис. 1. Зависимость концентрации  $Ho(III)$  в водной фазе от времени процесса флотозекстракции при различных pH

Полученные значения коэффициента распределения и степени извлечения  $Ho(III)$  представлены в таблице 1.

Таблица 1. Степень извлечения  $\alpha$  и коэффициент распределения  $Ho(III)$  при времени процесса 120 минут и  $C_0 = 0,001$  моль/кг

pH	$C_{org}$	$C_{aq} \cdot 10^4$	$K_p$	$\alpha$ %
5,3	0,0170	5,75	29,6	42,5
6,4	0,0246	3,85	63,8	61,5
7,3	0,0377	0,58	654,6	94,2
8,2	0,0376	0,61	618,7	93,9
9,5	0,0312	2,21	140,8	77,9

Из экспериментальных данных видно, что максимальное извлечение  $Ho(III)$  происходит в диапазоне pH среды от 7 до 8, и оптимальное время проведения процесса составляет 30 минут. С течением времени концентрация  $Ho(III)$  приближается к некоторому конечному значению, что характерно для прихода системы в стационарное состояние. Установлено, что значения pH извлечения определяемых катионов выше pH комплексообразования [11]. На этом основании можно предположить, что гольмий в процессе флотозекстракции флотируется в форме основного додецилсульфата из разбавленных водных растворов -  $Ho(OH)(C_{12}H_{25}OSO_3)_2$ .

#### Литература

1. *Grieves R. B., Charewicz W. R.* Ion and colloid flotation of Ni, Co and Pt. *Sep.Sci.* 1975. V. 10. № 1. P.77-92.
2. *Воронин Н. Н., Демидов В. В., Черкасов А. В., Антонова И. П.* // *ЖПХ.* 1992. Т. 65. № 9. С. 2005-2012.
3. Adsorptive bubble separation techniques / R. Lemlich. 1972. Academic Press. N-Y., London. 53-59 P.
4. *Наумов А. В.* Редкие металлы // *Цветная металлургия.* 2008. № 2. С. 8-18.
5. *Чиркст Д. Э., Лобачева О. Л., Берлинский И. В.* // *ЖПХ.* 2009. № 8. Т. 82. С. 1273-1276. (D. E. Chirkst, O. L. Lobacheva, I. V. Berlinskii//*Russian Journal of Applied Chemistry.* 2009. V. 82. N 8. P. 1370-1374.).
6. *Комольцев В. В., Ларичкин Ф. Д., Александров А. А.* Конъюнктура рынка редкоземельных металлов. *Цветная металлургия.* 2004. № 11. С. 8-12.
7. *Лобачева О. Л., Шуганова К. А.* Флотоэкстракция в водно-солевых системах, содержащих поверхностно-активное вещество. III Научная сессия УНЦХ СПбГУ. 2004. С. 181.
8. *Karger B. L., Grieves R. B., Lemlich R.* Nomenclature recommendations for adsorptive bubble separation methods. // *Separ.Sci.* 1967. V. 2, № 3. P. 401-404.
9. *Lobacheva O. L., Cheremisina O. V. Berlinskii I. V.* Solvent sublation and ion flotation in aqueous salt solutions containing Ce(III) and Y(III) in the presence of a surfactant. *Russian Journal of Applied Chemistry.* 2014. 87 (12), pp. 1863-1867.
10. *Берлинский И. В.* Свойства гидроксосоединений редкоземельных металлов в разбавленных водных растворах. Изд-во «Проблемы науки». European research. 2015. № 3 (4). С. 6-8.
11. *Sastri V. S., Bunzli J.-C. G., Ramachandra Rao V. et al.* Modern Aspects of Rare Earths and Their Complexes. Elsevier Sci., 2003. 995 p.