

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ЭКСТРАКЦИЯ ИТТЕРБИЯ РАСТВОРАМИ МОНО(2-ЭТИЛГЕКСИЛОВОГО) ЭФИРА 2-ЭТИЛГЕКСИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ В ГЕКСАНЕ ИЗ РАСТВОРОВ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

© 2024 К. С. Бобровская^а, Р. А. Кузнецов^{а, *}

^а Научно-исследовательский технологический институт им. С.П. Капицы

Ульяновского государственного университета, ул. Льва Толстого, д. 42г, 432017, Ульяновск, Российская Федерация

*e-mail: rostislavkuznetsov@yandex.ru

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ РАСТВОРОВ

Для измерения кислотности раствора применяли следующую методику. В стеклянный стакан вместимостью 250 мл, содержащий 100 мл дистиллированной воды, вносили 5 мл водного раствора, содержащего CaCl_2 в концентрации 0.1 моль/л, и Трилон Б в концентрации 0.05 моль/л с $\text{pH}=7$. Кислотность этого раствора доводили до значения $\text{pH}_{\text{фикс}} = 4.5$ с помощью раствора HNO_3 с концентрацией 0.1 моль/л, контролируя pH с помощью стандартного стеклянного электрода. К приготовленному раствору добавляли аликвоту

азотнокислого раствора иттербия. Кислотность образующегося раствора снижается за счет протонов, содержащихся в исследуемой аликвоте, т.е. за счет свободной кислотности. Полученную смесь титровали стандартизированным раствором NaOH до достижения значения pH , равного величине $\text{pH}_{\text{фикс}}$, фиксируя при этом израсходованный объем титранта. Концентрацию протонов (C_{H^+}) в азотнокислом растворе иттербия рассчитывали по закону эквивалентов. Для каждого значения кислотности проводили по три параллельных измерения. Экспериментально показано, что погрешность определения кислотности раствора, содержащего до 10 г/л иттербия, не превышает 3%.

Таблица Д1. Значения коэффициентов а и b аппроксимирующих уравнений зависимости коэффициента распределения иттербия от концентрации азотной кислоты при различных концентрациях металла и экстрагента

[Yb], г/л	[НЕН[ЕНР]], моль/л	а	б
0.1	0.5	-2.90	0.52
	1	-2.91	1.3
	1.5	-2.78	1.69
	2	-2.49	2.01
0.5	0.5	-3.02	0.50
	1	-2.83	1.26
	1.5	-2.69	1.67
	2	-2.50	1.98
1	0.5	-2.30	0.5
	1	-2.42	1.16
	1.5	-2.67	1.61
	2	-2.45	1.98
2.5	0.5	-2.03	0.25
	1	-1.82	0.97
	1.5	-2.47	1.44
	2	-2.51	1.87

Таблица Д1. Продолжение

5	0.5	-1.26	0.18
	1	-1.63	0.78
	1.5	-2.15	1.25
	2	-2.51	1.69

Таблица Д2. Значения коэффициентов а и b аппроксимирующих уравнений зависимости коэффициента распределения иттербия от концентрации экстрагента при различных концентрациях металла и азотной кислоты

[Yb], г/л	[HNO ₃], моль/л	a	b
0.1	0.5	1.94	2.10
	1	2.60	1.26
	1.5	2.55	0.79
	2	2.61	0.38
0.5	0.5	2.01	2.09
	1	2.42	1.29
	1.5	2.49	0.80
	2	2.60	0.31
1	0.5	2.41	1.93
	1	2.47	1.24
	1.5	2.45	0.80
	2	2.40	0.42
2.5	0.5	2.83	1.57
	1	2.50	1.05
	1.5	2.45	0.60
	2	2.55	0.28
5	0.5	3.09	1.3
	1	2.45	0.84
	1.5	2.47	0.50
	2	2.41	0.21

РАСЧЁТНЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ИТТЕРБИЯ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ РАСТВОРАМИ НЕН[ЕНР] В ГЕКСАНЕ

Таблица Д3. Расчётные и экспериментальные значения коэффициентов распределения иттербия при экстракции 0.5 М раствором НЕН[ЕНР] в гексане

[HNO ₃], моль/л	D	Концентрация иттербия, г/л				
		0.1	0.5	1	2.5	5
0.5	<i>D</i> _{расч}	23.3	18.9	13.2	6.5	3.0
	<i>D</i> _{эксп}	30.0	23.0	15.0	5.9	3.1
0.65	<i>D</i> _{расч}	9.1	7.8	6.6	4.3	2.2
	<i>D</i> _{эксп}	11.6	10.8	9.5	4.4	2.4
0.8	<i>D</i> _{расч}	6.1	5.3	4.2	2.6	1.4
	<i>D</i> _{эксп}	5.0	4.8	4.3	2.6	1.8
1.0	<i>D</i> _{расч}	3.1	2.8	2.5	1.8	1.0
	<i>D</i> _{эксп}	3.7	3.5	3.1	1.9	1.4
1.25	<i>D</i> _{расч}	1.8	1.7	1.5	1.1	0.6
	<i>D</i> _{эксп}	2.3	2.1	1.9	1.5	1.1
1.5	<i>D</i> _{расч}	1.2	1.1	1.0	0.75	0.4
	<i>D</i> _{эксп}	1.2	1.15	1.1	0.95	0.75
2	<i>D</i> _{расч}	0.56	0.53	0.49	0.39	0.21
	<i>D</i> _{эксп}	0.5	0.45	0.42	0.38	0.35

Таблица Д4. Расчётные и экспериментальные значения коэффициентов распределения иттербия при экстракции 1 М раствором НЕН[ЕНР] в гексане

[HNO ₃], моль/л	D	Концентрация иттербия, г/л				
		0.1	0.5	1	2.5	5
0.5	<i>D</i> _{расч}	131.4	110.8	72.3	33.1	13.1
	<i>D</i> _{эксп}	126.9	100.0	69.9	28.4	15.0
0.65	<i>D</i> _{расч}	61.2	52.8	38.8	21.5	9.4
	<i>D</i> _{эксп}	70.7	57.2	40.0	19.0	11.0
0.8	<i>D</i> _{расч}	33.8	29.6	24.1	14.5	6.6
	<i>D</i> _{эксп}	48.7	38.3	28.0	13.4	8.5
1.0	<i>D</i> _{расч}	17.7	15.9	13.9	9.4	4.7
	<i>D</i> _{эксп}	23.7	21.0	17.0	10.0	6.4
1.25	<i>D</i> _{расч}	9.3	8.6	8.4	6.3	3.3
	<i>D</i> _{эксп}	11.8	10.7	9.8	7	4.6
1.5	<i>D</i> _{расч}	6.5	5.9	5.5	4.5	2.5
	<i>D</i> _{эксп}	7.0	6.5	5.8	4.3	3
2	<i>D</i> _{расч}	3.2	2.9	2.7	2.0	1.1
	<i>D</i> _{эксп}	2.6	2.5	2.4	2.1	1.8

Таблица Д5. Расчётные и экспериментальные значения коэффициентов распределения иттербия при экстракции 1.5 М раствором НЕН[ЕНР] в гексане

[HNO ₃], моль/л	D	Концентрация иттербия, г/л				
		0.1	0.5	1	2.5	5
0.5	D _{расч}	289.4	258.8	247.9	170.5	70.6
	D _{эксп}	335.6	233.1	180.0	123.5	87.8
0.65	D _{расч}	163.8	142.9	126.9	80.5	37.1
	D _{эксп}	161.7	152.8	128.0	80.0	27.7
0.8	D _{расч}	91.6	81.7	72.7	48.5	22.4
	D _{эксп}	99.2	85.0	65.5	45.0	26.8
1.0	D _{расч}	49.1	44.9	39.9	27.8	13.5
	D _{эксп}	48.2	45.0	40.5	27.2	16.7
1.25	D _{расч}	28.1	25.8	23.1	16.4	8.2
	D _{эксп}	26.6	25.0	22.2	16.0	11.1
1.5	D _{расч}	17.8	16.4	14.7	10.7	5.6
	D _{эксп}	16.8	16.0	14.5	10.6	7.3
2	D _{расч}	8.7	8.1	7.4	5.5	2.9
	D _{эксп}	6.7	6.7	6.2	5.2	4.2

Таблица Д6. Расчётные и экспериментальные значения коэффициентов распределения иттербия при экстракции 2 М раствором НЕН[ЕНР] в гексане

[HNO ₃], моль/л	D	Концентрация иттербия, г/л				
		0.1	0.5	1	2.5	5
0.5	D _{расч}	431.6	429.7	415.1	400.8	162.2
	D _{эксп}	440.0	424.5	415.0	300.0	170.0
0.65	D _{расч}	296.3	273.2	245.8	174.0	84.9
	D _{эксп}	282.4	247.5	240.5	185.0	98.5
0.8	D _{расч}	176.3	169.6	162.4	130.4	83.4
	D _{эксп}	173.4	161.7	150.5	125.0	85.7
1.0	D _{расч}	100.9	93.2	83.9	74.6	46.4
	D _{эксп}	114.1	107.1	99.5	75.0	50.0
1.25	D _{расч}	58.3	55.7	52.5	42.7	26.6
	D _{эксп}	75	71.4	66.6	50.0	32.1
1.5	D _{расч}	36.9	33.9	30.6	22.2	11.5
	D _{эксп}	40.9	37.0	35.1	28.2	19.1
2	D _{расч}	17.9	16.6	15.1	11.2	6.1
	D _{эксп}	15.3	14.7	14.5	11.9	8.5