

УДК 621.039.3

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ИЗОТОПИЧЕСКИХ ИОНОВ ЭЛЕКТРОМИГРАЦИЕЙ В СИСТЕМЕ ИОНИТ — РАСТВОР

И. А. ТИХОМИРОВ, Л. А. АВДЕЕВ, А. П. ВЕРГУН

(Представлена научным семинаром физико-технического факультета)

Рассматривается применение статистических методов планирования экспериментов при исследовании процесса разделения изотопических ионов противоточной электромиграцией в системе ионит—раствор. Полученные уравнения регрессии позволяют оценить степень влияния параметров на основные характеристики процесса разделения. Таблиц 2, библиографий 2.

В работе [1] математическая модель процесса разделения изотопических ионов при электромиграции в системе ионит — раствор представлена уравнением в частных производных.

Методы планирования экспериментов позволяют описывать процесс разделения в подобных системах функцией, представленной в виде полинома. Такой характер модели позволяет не только учесть разнообразие факторов, влияющих на основные показатели процесса, но и дать оценку вклада каждого фактора в величину исследуемой функции. Использование методов планирования позволяет также сократить объем экспериментальной работы, что является весьма существенным в связи с большой продолжительностью опытов по разделению изотопических ионов в указанных условиях.

При построении модели процесса разделения изотопических ионов в качестве функции отклика рассматривалась как степень разделения (y_1), так и производительность разделительной установки (y_2). Факторами являлись следующие величины. Концентрация раствора в разделительной установке $Z_1 \left[\frac{\text{г-экв}}{\text{см}^3} \right]$, напряжение электрического поля Z_2 [в], скорости противотока раствора и ионита — соответственно Z_3 и $Z_4 \left[\frac{\text{см}^3}{\text{час}} \right]$. При учете априорных сведений о процессе были выбраны основные уровни; с точки зрения воспроизводимости функции отклика оценивались величины интервалов варьирования. Величина основных уровней и интервалов варьирования представлена в табл. 1. Для получения уравнения регрессии процесса использовалось планирование типа 2^{4-1} , т. е. $1/2$ реплика от полного факторного эксперимента с определяющим контрастом $I = x_1, x_2, x_3, x_4$; (где $x_1, \dots, x_4$ — значения факторов в кодированных переменных)

$$x_i = \frac{Z_i - A}{\Delta};$$

Матрица планирования процесса разделения представлена в табл. 2.

$$y_1 = 0,63 + 0,07 x_1 + 0,08 x_2 + 0,08 x_3 - 0,10 x_4 - 0,08 x_1 x_4 + 0,09 x_3 x_4 - 0,06 x_2 x_4, \quad (1)$$

$$y_2 = 0,53 + 0,24 x_1 - 0,07 x_2 - 0,14 x_3 + 0,20 x_4 + 0,07 x_1 x_4 + 0,24 x_2 x_4 - 0,17 x_3 x_4. \quad (2)$$

Коэффициенты указанных уравнений рассчитывались по формулам [2].

Таблица 1

Интервалы варьирования переменных						
Уровни варьирования		Факторы	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Основной уровень (A)			0,3	3	0,5	145
Интервал варьирования (Δ)			0,1	1	0,5	45
Верхний уровень			0,4	4	1	190
Нижний уровень			0,2	2	0	100

Матрица планирования экспериментов

Таблица 2

	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_4$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	y_1	y_2
1	+	—	—	—	—	+	+	+	0,50	0,114
2	+	+	—	—	+	+	—	—	0,44	1,758
3	+	—	+	—	+	—	+	—	0,47	0,321
4	+	+	+	—	—	—	—	+	0,80	0,481
5	+	—	—	+	—	+	+	+	0,46	0,208
6	+	+	—	+	+	+	—	—	0,78	0,325
7	+	—	+	+	+	—	+	—	0,82	0,530
8	+	+	+	+	—	—	—	+	0,75	0,521

Проверка адекватности полученных математических моделей рассматриваемому процессу разделения изотопических ионов проводилась по критерию Фишера (F).

Значения этого критерия для уравнений (1) и (2) соответственно равно 17,3 и 11,3. Табличное значение $F_{0,05}$ равно 19. Таким образом, условие адекватности соблюдается.

Как видно из уравнения (1), наиболее сильное влияние на степень разделения изотопических ионов оказывает величина напряжения на установке при заданном интервале варьирования величины противотока. На производительность установки (2) решающее влияние оказывают концентрация раствора электролита и величина напряжения.

Полученные уравнения дают необходимую информацию для характера постановки экспериментов в дальнейшем с целью определения оптимальных условий процесса разделения изотопических ионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Тихомиров, В. Т. Доронин, А. П. Вергун, В. В. Ларионов. «Электрохимия», 1970, 10, 1467.
2. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., «Наука», 1965.