

6. Пинаев Г. Ф. Метод термодимических инкрементов в термодимическом и технологическом прогнозировании // Математические методы химической термодинамики.— Новосибирск, 1982.— С. 186—192.

6. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справ. изд. В 4 т. / Отв. ред. В. П. Глушко.— М., 1980—1982.

7. Пинаев Г. Ф., Печковский В. В. Основы теории химико-технологических процессов.— Минск, 1973.— С. 42.

УДК 541.13

В. И. Асташко, И. Б. Бутылина, В. В. Романовский

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗА ИОДАТА НАТРИЯ

При определенных условиях для окисления иодида могут успешно применяться аноды из графита [1]. Поэтому представляет интерес изучить эффективность графита при получении иодата натрия.

В исследовании использовался метод математического планирования экстремальных экспериментов по плану Хартли типа  $2^5$  [2] (табл. 1). Опыты проводили в термостатируемом электролизере вместимостью 0,5 л с графитовым анодом и катодом из стали X18H10T одинаковой площади, фиксированных на расстоянии  $8 \cdot 10^{-3}$  м. Растворы готовились на дистиллированной воде из реактивов марки «хч». Перемешивание электролита с постоянной скоростью осуществлялось с помощью магнитной мешалки. Источником тока служил блок стабилизированного питания типа Б5-46, напряжение измерялось цифровым вольтметром В7-27. Анализ раствора, определение выхода по току иодата (экспериментального  $\eta_p$  и расчетного  $\eta_p$ ) и удельных энергозатрат  $\Sigma$  осуществляли по стандартным методам.

На основании опытных данных (табл. 2) получено уравнение регрессии зависимости выхода по току от варьируемых параметров, адекватно описывающее поверхность отклики:

$$\begin{aligned} \eta_p = & 94,064 + 1,124X_1 - 0,868X_2 + 2,875X_3 + \\ & + 0,015X_4 + 1,665X_5 + 0,69X_1^2 + 0,275X_2^2 - \\ & - 3,901X_3^2 - 2,06X_4^2 - 0,71X_5^2 + 0,234X_1X_2 - \end{aligned}$$

Таблица 1

## Исходные данные для планирования эксперимента

| Уровни изучаемых факторов | Концентрация, кг/м <sup>3</sup> |                        |  | Плотность тока, А/м <sup>2</sup> (X <sub>4</sub> ) | Температура, К (X <sub>5</sub> ) |
|---------------------------|---------------------------------|------------------------|--|--|----------------------------------|
|                           | NaI (X <sub>1</sub> )           | NaOH (X <sub>2</sub> ) | Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (X <sub>3</sub> ) |  |                                  |
| Верхний, X <sup>+</sup>   | 250                             | 40                     | 3  | 2000   | 353                              |
| Нижний, X <sup>-</sup>    | 100                             | 4                      | 1,5  | 500  | 313                              |
| Основной, X <sup>0</sup>  | 175                             | 22                     | 0  | 1250   | 333                              |

Таблица 2

Результаты реализации плана Хартли типа 2<sup>5</sup>

| № п/п | $\eta_p$ , % | $\eta_p$ , % | $\Delta\eta$ , % | $U_p^*$ , В | $\mathcal{E}$ , кВт·ч/кг |
|-------|--------------|--------------|------------------|-------------|--------------------------|
| 1     | 94,74        | 95,05        | 0,33             | 1,90        | 1,63                     |
| 2     | 88,08        | 86,74        | 0,74             | 2,18        | 2,01                     |
| 3     | 89,33        | 89,91        | 0,65             | 2,30        | 2,10                     |
| 4     | 92,10        | 93,99        | 2,05             | 2,06        | 1,81                     |
| 5     | 87,99        | 88,25        | 0,29             | 2,06        | 1,90                     |
| 6     | 82,52        | 81,64        | 1,07             | 1,94        | 1,91                     |
| 7     | 86,46        | 86,84        | 0,44             | 1,96        | 1,84                     |
| 8     | 82,61        | 82,64        | 0,03             | 2,66        | 2,62                     |
| 9     | 84,55        | 84,40        | 0,18             | 1,81        | 1,74                     |
| 10    | 92,00        | 91,55        | 0,49             | 1,62        | 1,43                     |
| 11    | 96,74        | 96,71        | 0,04             | 1,70        | 1,43                     |
| 12    | 90,82        | 90,64        | 0,002            | 2,03        | 1,82                     |
| 13    | 88,54        | 87,69        | 0,96             | 1,58        | 1,45                     |
| 14    | 82,26        | 81,76        | 0,62             | 1,76        | 1,74                     |
| 15    | 87,60        | 87,02        | 0,66             | 1,83        | 1,70                     |
| 16    | 87,39        | 87,00        | 0,45             | 1,73        | 1,61                     |
| 17    | 96,21        | 95,88        | 0,34             | 1,87        | 1,58                     |
| 18    | 94,15        | 93,63        | 0,52             | 2,04        | 1,76                     |
| 19    | 93,14        | 93,47        | 0,55             | 2,06        | 1,80                     |
| 20    | 96,39        | 95,21        | 1,22             | 2,08        | 1,75                     |
| 21    | 94,97        | 93,04        | 2,03             | 1,95        | 1,67                     |
| 22    | 86,21        | 87,29        | 1,25             | 1,91        | 1,81                     |
| 23    | 95,60        | 92,02        | 3,10             | 2,15        | 1,83                     |
| 24    | 89,26        | 91,09        | 3,06             | 1,75        | 1,60                     |
| 25    | 95,14        | 95,02        | 0,12             | 1,93        | 1,65                     |
| 26    | 92,42        | 91,69        | 0,78             | 2,04        | 1,80                     |
| 27    | 91,09        | 94,06        | 3,26             | 1,99        | 1,72                     |

\*  $U_p$  — напряжение электролиза.

$$\begin{aligned}
 & -0,841X_1X_3 + 0,516X_1X_4 + 0,423X_1X_5 - \\
 & -0,429X_2X_3 + 1,127X_2X_4 + 0,037X_2X_5 + \\
 & + 0,397X_3X_4 + 1,147X_3X_5 - 0,727X_4X_5, \% .
 \end{aligned}$$

Из уравнения видно, что влияние параметров падает в ряду: концентрация хромата натрия — температура — концентрация иодида натрия — плотность тока — концентрация щелочи.

Исходя из данных табл. 2, оптимальными условиями электросинтеза можно считать следующие: концентрация иодида натрия — 175—250, щелочи — 4—22, бихромата натрия — 1,5—3 кг/м<sup>3</sup>, плотность тока — 1000—1500 А/м<sup>2</sup> и температура — 333—353 К. Удельные энергозатраты при этом составляют 1,6—1,8 кВт·ч/кг иодата натрия, что существенно ниже, чем при использовании титанового анода с активным слоем из диоксида марганца [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асташко В. И., Новиков Г. И., Дроздович В. Б. Окисление иодида в щелочных растворах // Изв. АН БССР. Сер. физ.-энерг. наук.— 1981.— № 2.— С. 41—47.
2. Ахназарова С. Л., Қафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.— М., 1978.— 462 с.
3. Байрамов Ф. Г., Мамедов М. Д. Исследование электросинтеза иодида натрия на MnO<sub>2</sub> // Азерб. хим. журн.— 1975.— № 6.— С. 119—122.

УДК 661.632

Е. Д. Дзюба, В. В. Шепелева, К. В. Филипчик,  
Н. Е. Крутикова, И. В. Лапунова

#### ОБЕСФТОРИВАНИЕ ФОСФОРИТА САРДАРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Фосфориты Сардаринского месторождения представлены фторкарбонатапатитом [1, 2]. Высокое содержание карбонатов в руде затрудняет ее переработку как кислотными, так и высокотемпературными методами, в связи с чем требуется специальная термическая подготовка сырья, предшествующая его технологической переработке [3]. Результаты исследования декарбонизационного обжига фосфорита Сардаринского месторождения описаны в работе [4]. В состав карбонизиро-