

## О выборе оптимального значения концентрации ключевого изотопа в отвале каскада для разделения многокомпонентных изотопных смесей

Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ, Н. И. ЛАГУНЦОВ, Г. А. СУЛАБЕРИДЗЕ

УДК 621.039.31

В работе [1] изучены так называемые  $Q$ -каскады, позволяющие разбить многокомпонентную изотопную смесь на две группы изотопов: более легких и более тяжелых. Разделение в каскаде происходит так, что концентрации изотопов одной группы (в том числе промежуточного ключевого или выделяемого изотопа) в отборе каскада возрастают, а концентрации другой резко падают. Так как обогащение происходит во всей группе, то, очевидно, концентрация ключевого изотопа в отборе  $Q$ -каскада ограничена. Это утверждение непосредственно следует из формулы для отношения концентрации любых  $i$ - и  $n$ -го изотопов в отборе  $Q$ -каскада с числом ступеней в отборной и отвальной частях  $s_P$  и  $s_W$  соответственно:

$$\frac{c_{iP}}{c_{nP}} = \frac{\exp(Q_i s_W) - 1}{\exp(Q_n s_W) - 1} \cdot \frac{\exp(Q_n s_W) - \exp(-Q_n s_P)}{\exp(Q_i s_W) - \exp(Q_i s_P)} \times \frac{c_{iF}}{c_{nF}}, \quad (1)$$

где  $c_{iF}$  и  $c_{nF}$  — концентрация  $i$ - и  $n$ -го изотопов в потоке питания;  $Q_i$  — константы, связанные между собой соотношением

$$Q_i - Q_n = \varepsilon_{in} \quad (2)$$

(здесь  $\varepsilon_{in}$  — коэффициент обогащения для пары изотопов с номерами  $i$  и  $n$ ).

Если  $n$  — номер ключевого изотопа и изотопы пронумерованы в порядке возрастания масс,  $Q_i$  выбираются так, чтобы все значения при  $i \leq n$  были больше нуля, а при  $i > n$  — меньше нуля. Тогда для каскадов с достаточно длинной отборной секцией, т. е. при любом  $i$   $\exp(|Q_i| s_P) \gg 1$  [см. формулу (1)], получим предельное значение концентрации ключевого изотопа  $c_{nP}^{\max}$  при выбранном числе ступеней в отвальной секции  $s_W$ :

$$c_{nP}^{\max} \approx \frac{c_{nF}}{n \sum_{i=1}^n \beta_i c_{iF}}, \quad (3)$$

где

$$\beta_i = \frac{1 - \exp(-Q_i s_W)}{1 - \exp(-Q_n s_W)}. \quad (4)$$

При этом число ступеней  $s_W$  и концентрация ключевого изотопа  $c_{nW}$  в отвале связаны соотношением

$$c_{nW} \approx \frac{c_{nF} \exp(-Q_n s_W)}{\sum_{i=1}^n c_{iF} \exp(-Q_i s_W) + \sum_{i=n+1}^m c_{iF}} \quad (5)$$

( $m$  — число компонентов смеси).

В предельном случае при  $s_W \rightarrow \infty$  формула (3) получает вид [2]:

$$c_{nP}^{\max} \approx \frac{c_{nF}}{n \sum_{i=1}^n c_{iF}}, \quad (6)$$

а при  $s_W \rightarrow 0$

$$c_{nW}^{\max} \approx \frac{c_{nF}}{n \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{Q_n} c_{iF}}, \quad (7)$$

причем  $Q_i/Q_n \geq 1$  ( $i=1, \dots, n$ ). Таким образом, максимально допустимое значение концентрации  $c_{nW}^{\max}$  при наличии отвальной части определяется соотношением

$$\frac{c_{nF}}{n \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{Q_n} c_{iF}} < c_{nP}^{\max} < \frac{c_{nF}}{n \sum_{i=1}^n c_{iF}}. \quad (8)$$

Если концентрация ключевого изотопа  $c_{nP}$  задана, из (3), (4), (5) можно найти величину  $c_{nW}^{\max}$ , соответствующую минимальной длине отвальной части  $(s_W)_{\min}$ . Поскольку предполагаем, что  $\exp(|Q_i| s_P) \gg 1$ , то при  $c_{nW} \rightarrow c_{nW}^{\max}$  суммарный поток каскада неограниченно увеличивается.

Требуемое значение  $c_{nP}$  может быть получено при любых значениях  $s_W > (s_W)_{\min}$ , причем с ростом  $s_W$  величина  $s_P$ , естественно, будет уменьшаться. При  $s_W \rightarrow \infty$  (т. е. при  $c_{nW} \rightarrow 0$ ) суммарный поток также неограниченно возрастет и, следовательно, оптимальное значение  $s_W$  (или  $c_{nW}$ ), соответствующее минимуму  $\Sigma L$ , будет находиться в интервале между  $(s_W)_{\min}$  и  $s_W \rightarrow \infty$ .



Наличие оптимальной отвальной части в многокомпонентных разделительных каскадах существенно отличает их от двухкомпонентных, в которых минимум  $\Sigma L$  всегда соответствует случаю  $s_W \rightarrow 0$  и в которых также нет ограничения по выбору предельного значения концентрации обогащенного изотопа.

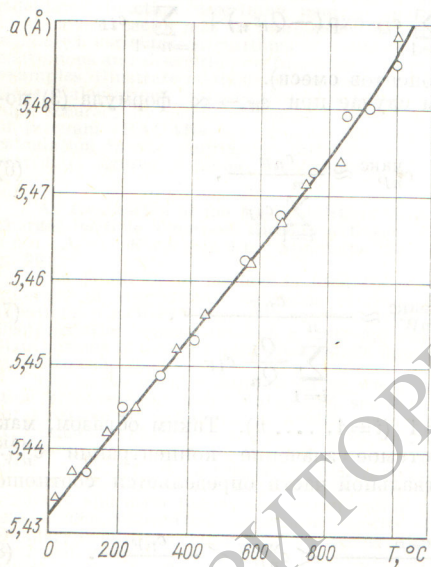
Поступило в Редакцию 25/IV 1973 г.

## Рентгенографическое изучение термического расширения двуокиси нептуния

Л. В. СУДАКОВ, И. И. КАШУКОВ, В. М. СОЛНЦЕВ

Двуокись  $\text{Np}^{237}$  находит все более широкое практическое применение, однако данных о термическом расширении  $\text{NpO}_2$  в литературе нет.

В настоящей работе методом высокотемпературной рентгенографии измерен коэффициент термического расширения (КТР) кристаллической решетки  $\text{NpO}_{2,00 \pm 0,01}$  в интервале температур от комнатной до  $1000^\circ\text{C}$ . Стехиометрия образцов определялась



Изменение параметра кристаллической решетки  $\text{NpO}_2$ :

$\Delta$  — при нагревании,  $\circ$  — при охлаждении

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колокольцов Н. А. и др. «Атомная энергия», 1970, т. 29, вып. 6, с. 425.
2. Миненко В. П. «Атомная энергия», 1972, т. 33, вып. 2, с. 703.

УДК 541.45:546.799.3

по методике, описанной в работе [1]. Для рентгенографирования использовался тонкостенный герметичный кварцевый капилляр, содержащий  $\sim 1 \text{ мг}$   $\text{NpO}_2$  и в качестве эталона платину. По линиям платины определялась температура ( $\pm 10^\circ\text{C}$ ), данные о КТР платины взяты из работы [2].

На рисунке показано, как изменяется параметр решетки  $\text{NpO}_2$  в зависимости от температуры (средняя погрешность  $\Delta a = \pm 0,001 \text{ \AA}$ ). В интервале температур от комнатной до  $700^\circ\text{C}$  КТР двуокиси нептуния постоянен и равен  $9,5 \pm 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ ; с повышением температуры КТР возрастает и достигает при  $1000^\circ\text{C}$   $11,0 \pm 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ .

Полученные данные находятся в хорошем соответствии с величинами КТР двуокиси других актиноидных элементов [3, 4].

Авторы признательны В. П. Шешунову за участие в проведении эксперимента.

Поступило в Редакцию 4/V 1972 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Судаков Л. В., Солнцев В. М., Кашуков И. И., Беляев Ю. И., Чистяков В. М. Препринт НИИАР, П-138. Димитровград, 1972.
2. Финкель В. А. Высокотемпературная рентгенография металлов. М., Металлургиздат, 1968.
3. Kempter C., Elliott R. J. Chem. Phys., 1959, v. 6, p. 1524.
4. Baldock P. e. a. J. Nucl. Mat., 1966, v. 18, № 3, p. 305.