

## ПРОЦЕСС ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА ВО ВНЕШНЕМ ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В. С. Нейман, В.Ф. Мышкин, В.А. Хан, И.С. Семченко

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: gos100@tpu.ru

Обменные методы разделения изотопов используются в промышленных масштабах. В связи с перспективами расширения сферы применения изотопов является актуальным увеличение эффективности метода.

Известны несколько теоретических подходов к описанию процесса изотопного обмена. Применение первого порядка термодинамической теории возмущений к перераспределению стабильных изотопов позволяет выражать  $\beta$ -фактор через кинетическую энергию и разность масс изотопов [1].

$$\ln \beta = \frac{M^* - M}{M^*} \left( \frac{E_K}{zRT} - \frac{3}{2} \right),$$

где  $E_K$  - кинетическая энергия (на один моль) колебаний;  $M$  - масса изотопа.

Выражение для  $\beta$ -фактора может быть записано в виде [2].

$$\ln \beta = \frac{1}{n} \sum_i^n d_i \ln \left\{ \frac{u'_i \exp(-0,5u'_i)}{u_i \exp(-0,5u_i)} \cdot \frac{1 - \exp(-0,5u'_i)}{1 - \exp(-0,5u_i)} \right\},$$

где  $u_i = \nu_i hc/kT$  - приведенная частота колебания  $\nu_i$ ,  $\text{см}^{-1}$ ,  $d_i$  - кратность вырождения Зеемановских уровней.

Здесь верхние штрихи относятся к изотопным формам, содержащим большее число тяжелых изотопов замещаемого атома, а символы без штриха — формам, имеющим большее число легких изотопов,

Известно, что во внешнем магнитном поле происходит расщепление вырожденных электронных уровней на Зеемановские состояния и перераспределение Больцмановского распределения по возбужденным электронным состояниям. Каждому возбужденному состоянию соответствуют свой колебательный спектр. Поэтому в магнитном поле происходит изменение  $\beta$ -факторов взаимодействующих фаз вещества

$$\ln \beta = \left( n + \sum_{i,j} (d_{ij} - 1) \right)^{-1} \sum_i^{n + \sum d_{ij}} \ln \left\{ \frac{u'_i \exp(-0,5u'_i)}{u_i \exp(-0,5u_i)} \cdot \frac{1 - \exp(-0,5u'_i)}{1 - \exp(-0,5u_i)} \right\}.$$

Очевидно, что изменение  $\beta$ -фактора тем значительнее, чем больше величина внешнего магнитного поля, приводящего к более значительной перестройке колебательного спектра. В докладе экспериментальные результаты изотопного обмена обсуждаются в рамках указанного подхода.

### Литература

1. Polyakov V.B., Kharlashina N.N. The use of heat capacity data to calculate carbon isotope fractionation between graphite, diamond, and carbon dioxide: A new approach // Geochim. Cosmochim. Acta, 1995. - 59, P. 2561–2572.

2. Жаворонков Н.М., Князев Д.А., Ивлев А.А. и др. Термодинамика реакций изотопного обмена // Успехи химии, 1980. – Т. XLIX. – Вып.3. – С. 385-419.