

5. Мержанов А.Г. Теория безгазового горения. – Черноголовка: Препринт, 1973. – 26 с.
 6. Cowards B.G. Simulation of chemical and phase equilibria at high temperatures: Computer software / MSTU. NE Bauman; RosAPO. - State . reg. Number 920054. – 1992.

НЕСТАЦИОНАРНЫЙ ПЕРЕНОС КОМПОНЕНТОВ ИЗОТОПНОЙ СМЕСИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТОКОВ КАСКАДА

А.А. Ушаков¹, А.А. Орлов², В.П. Совач¹

¹Акционерное общество «Производственное объединение «Электрохимический завод»,

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: ushakovaa2015@sibmail.com

NONSTATIONARY TRANSFER OF ISOTOPE MIXTURE COMPONENTS AS A RESULT OF CHANGES IN CASCADE FLUXES

A. A. Ushakov¹, A. A. Orlov², V. P. Sovach¹

¹Actional Society "Production Association "Electrochemical Plant",

²National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. The simulation of a non-stationary process caused by a change in the flows of the light and heavy fractions of cascade is carried out using the example of the separation of germanium isotopes. The character of the change in the isotope concentration in the stages and flows of the cascade is shown depending on the final values of the flows. It has been established that in the course of a nonstationary process, it is possible to obtain isotopes of intermediate masses with a concentration significantly exceeding the maximum attainable values for a three-flow cascade.

При эксплуатации каскада газовых центрифуг (ГЦ) для разделения многокомпонентных изотопных смесей (МИС) возникают нестационарные процессы, одной из частых причин возникновения которых является изменение величин выходящих потоков каскада (потоков легкой и тяжелой фракции). В ходе этого процесса происходит изменение величин потоков, давлений рабочего вещества и концентраций компонентов. Интерес к изучению такого нестационарного процесса обусловлен определением закономерностей изменения концентраций в каскаде и выходящих потоках.

В качестве рабочего вещества для разделения изотопов германия использовался тетрафторид германия GeF_4 ($\mu \approx 149$ кг/кмоль). Целевым изотопом выбран ^{72}Ge . Проведен расчет нестационарного процесса, вызванного мгновенным изменением величины потока легкой фракции каскада в момент времени $\tau=0$. В потоке тяжелой фракции каскада концентрация изотопов ^{70}Ge , ^{72}Ge , ^{74}Ge и ^{76}Ge изменяется монотонно от начального к конечному значению. Время установления стационарного значения концентрации (продолжительность нестационарного процесса) τ' зависит как от массового числа изотопа, так и от величины $P_{\text{кон}}/F$. Так со снижением $P_{\text{кон}}/F$ продолжительность τ' увеличивается для ^{70}Ge в потоке легкой фракции и уменьшается для изотопа ^{76}Ge в потоке тяжелой фракции. Это обусловлено тем, что при $P_{\text{кон}}/F \rightarrow 0$ увеличивается количество крайнего легкого изотопа ^{70}Ge в каскаде на конечном стационарном режиме в связи, с чем требуется большая продолжительность времени для его накопления в ходе нестационарного процесса.

Максимальное значение концентрации изотопа с промежуточным массовым числом в потоке легкой или тяжелой фракции каскада в ходе нестационарного процесса увеличивается с ростом конечного стационарного значения величины этого потока. Полученные значения концентраций изотопов с промежуточным массовым числом превышают предельно достижимые значения [1], которые возможно получить в потоках легкой и тяжелой фракции каскада на стационарном режиме. Это обусловлено тем, что

в начальном состоянии $\tau = 0$ на стационарном режиме концентрация ^{72}Ge и ^{73}Ge в ступенях средней части каскада выше, чем в конечных ступенях отбора легкой и тяжелой фракции каскада. Так концентрация ^{72}Ge и ^{73}Ge достигает значений 79% и 37% в ступенях № 87 и 27 (рис.1). При этом предельно достижимые величины [1] для этих изотопов не превышают 57% и 15% соответственно.

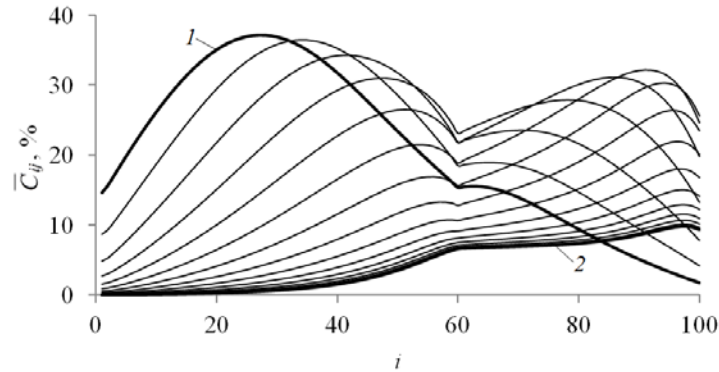


Рис. 1. Изменение средневзвешенной концентрации изотопа ^{73}Ge в ступенях каскада в ходе нестационарного процесса: 1 – начальное состояние; 2 – конечное состояние

Увеличение потока легкой фракции каскада (величины P/F) и, как следствие, уменьшение потока тяжелой фракции каскада приводит к повышению средневзвешенного массового числа изотопной смеси во всех ступенях каскада. В результате этого происходит накопление в каскаде изотопов ^{74}Ge и ^{76}Ge и выведение из каскада изотопов ^{70}Ge и ^{72}Ge . В этих условиях промежуточный изотоп ^{73}Ge переносится ближе к отбору легкой фракции каскада. При этом временное повышение концентрации ^{72}Ge и ^{73}Ge в потоке P обусловлено переносом этих изотопов из ступеней, где их концентрация максимальна в начальный момент времени. Однако стоит отметить, что максимальная концентрация ^{72}Ge и ^{73}Ge в потоке P ниже, чем их значения в ступенях каскада в начальном состоянии, что возможно обусловлено наличием смешения в ступени № 57 межступенных потоков и потока питания каскада, имеющих отличный друг от друга изотопный состав. За счет эффекта смешения изменяется монотонность кривых зависимостей концентраций от номера ступени, как на стационарных режимах, так и в ходе нестационарного процесса.

Проведено исследование нестационарного процесса, вызванного изменением величины потока легкой фракции каскада на примере разделения изотопов германия. Показано, что в ходе нестационарного процесса концентрации крайних изотопов (^{70}Ge и ^{76}Ge) изменяются монотонно в потоках легкой и тяжелой фракции каскада независимо от конечных величин этих потоков. Установлено, что концентрации изотопов с промежуточным массовым числом в потоках легкой и тяжелой фракции могут выходить за пределы диапазона, ограниченного начальным и конечным значением, и даже превышать предельно-достижимые значения для трехпоточного каскада на стационарном режиме. С увеличением значения выходящего потока (потока легкой или тяжелой фракции) возрастает максимальная концентрация изотопов с промежуточным массовым числом в этом потоке в ходе нестационарного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миненко В.П. Предельное обогащение промежуточных изотопов в отборе с концов каскада // Атомная энергия. – 1972. – Т. 33. – № 2. – С. 703–704.