

# ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА ПРИ СПИНОВОЙ СЕПАРАЦИИ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА

Беспала Е.В.<sup>1</sup>, Павлюк А.О.<sup>2</sup>, Котляревский С.Г.<sup>2</sup>

Научный руководитель: д.ф.-м.н., проф. Мышкин В.Ф.

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

<sup>2</sup>ЛСиЯФИ ТУ АО "ОДЦ УГР"

E-mail: bespala\_evgeny@mail.ru

Современные тенденции развития атомной промышленности требуют поиска методов повышения энергоэффективности используемых технологий, например при получении стабильных изотопов. Это связано с тем, что традиционные методы разделения изотопов, как правило, требуют больших затрат и не оправдывают себя на интенсивно развивающемся рынке изотопов широкого применения. С другой стороны, актуальны исследования по разработке методов выделения радиоактивных изотопов, концентрирующихся в отходах реакторного производства. В этом случае применение каскадной технологии, не целесообразно, поскольку ведёт к увеличению объема радиоактивных отходов. Остро стоит задача извлечения <sup>14</sup>C из общей массы графита, используемого в уран-графитовых реакторах. Поэтому разработка новых эффективных способов сепарации изотопов является актуальной задачей.

Нами исследуется процесс разделения изотопов углерода в низкотемпературной неравновесной плазме. В низкотемпературной плазме значительно выше скорости протекания химических реакций, а неравновесность газоразрядной плазмы может существенно изменить направление физико-химических процессов. При высокой температуре также могут протекать химические реакции с высоким порогом энергии.

Радикальные процессы в низкотемпературной плазме, находящейся во внешнем магнитном поле, селективны по изотопам [1]. Это связано с тем, что во внешнем магнитном поле спины неспаренных валентных электронов радикалов прецессируют с характерными для каждого изотопа частотами. Путем подбора величины магнитного поля удастся создать преимущественные условия для целевого изотопа. Для повышения коэффициентов разделения необходимо создавать в плазменных системах не только заданные условия, но и их распределение по объему высокотемпературного плазменного потока. При этом целесообразно использовать методы и средства математического моделирования.

Одной из причин невысокого коэффициента разделения является неоптимальность газодинамического режима в плазмохимическом реакторе. Это ведёт к выравниванию изотопной концентрации из-за процессов обратного движения изотопов. В работе [1] описан цилиндрический проточный плазмохимический реактор для сепарации изотопов углерода между СО и сажей. Проведенные оценки показывают коэффициент разделения значительно меньше его максимально возможного значения из-за окисления дисперсной фазы на стенках. Эта проблема может быть решена путем формирования заданного распределения по радиусу скорости высокотемпературного потока. Необходимо локализовать плазменный поток вдоль оси реактора и ограничить проникновение плазменного потока к пристеночной области. При этом возможно разделение реагентов и продуктов плазменных процессов.

Для локализации плазменного потока по оси реактора можно использовать диафрагмы, ограничивающие движение газа в пристеночном слое. В работе представлены результаты расчёта газодинамики высокотемпературного плазменного потока. Рассматриваются плоские и конические диафрагмы, а также через диафрагмы с наклонными лопастями. Определены оптимальные размеры диафрагм с точки зрения скорости течения газа в осевой области плазмохимического реактора и возможности контакта плазмы со стенками. Показано, что использование конических диафрагм и диафрагм с наклонными лопастями приводит к резкому снижению скорости газа между ними. При этом скорость газа в пристеночной области между диафрагмами уменьшается в зависимости от диаметра входного отверстия. Это позволяет исключить возможность окисления дисперсной фазы, находящейся на стенках.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Myshkin V.F., Khan V.A., Plekhanov V.G., Izhoikin D.A. and Bepala E.V. Spin isotope separation under incomplete carbon oxidation in a low-temperature plasma in an external magnetic field // Russian Physical Journal, 2015. Vol. 57. №10. P.1442–1448.