

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ

Ижойкин Д. А.¹, Лукин А. В.²

Научный руководитель: Мышкин В.Ф.², д.ф.-м.н., профессор

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, пл. Соляная, 2

²Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: gos100@list.ru

Лазерные, а также электромагнитные методы разделения стабильных изотопов характеризуются высокой селективностью. Развитие лазерной техники, прогресс в области изучения взаимодействия излучения с веществом привели к тому, что лазерный метод может быть целесообразным на небольших опытных установках для получения малых количеств изотопной продукции.

Основы лазерного разделения изотопов (ЛРИ), в том числе с использованием атомарных паров, были заложены в СССР. Проводились исследования физических процессов и работы по созданию экспериментальных стендов для разделения изотопов. Первые обнадеживающие экспериментальные результаты по ЛРИ в атомарных парах по наработке значительного количества целевого изотопа были получены в США. Метод получил название AVLIS (Atomic vapor laser isotope separation). В основе AVLIS лежит процесс многоступенчатой ионизации целевого изотопа настраиваемыми на его оптические переходы между атомными уровнями энергии излучениями перестраиваемых лазеров. В свою очередь, перестраиваемые лазеры на красителях функционируют при их накачке излучением мощных газоразрядных лазеров на парах меди ($\lambda=510,6$ нм и $\lambda=578,2$ нм) или излучением второй гармоникой лазеров Nd:YAG, генерирующими импульсы с частотой 10-20 кГц на $\lambda=530$ нм.

С начала 1980-х годов, благодаря достижениям лазерной спектроскопии, физики плазмы, лазерной физики и техники, работы по совершенствованию процесса AVLIS получили дополнительный стимул и вышли на качественно новый этап. К концу 80-х годов по всем направлениям был достигнут существенный прогресс. Это позволило в 1989 г. перейти к развертыванию технологии AVLIS на уровне создания крупномасштабного прототипа завода разделения изотопов. Конечной стратегической целью программы AVLIS являлось снижение стоимости обогащения урана за счет использования лазерной технологии. В 1992-1993 годах в США было создано оборудование нового поколения и проведены его испытания. Оборудование включало мощные лазеры и сепараторы промышленного масштаба, позволяющие обеспечить высокую производительность процесса обогащения урана и необходимые объемы производства. Мощность установки могла обеспечить получение сотен килограмм целевого изотопа. Разработанный комплекс лазеров на парах меди по суммарной средней мощности генерации был доведен до 72 кВт, а комплекс лазеров на красителях по получению перестраиваемой генерации до 24 кВт.

Прогресс в реализации процесса AVLIS позволил США в начале 1990-х годов начать работы и по программе разработки и демонстрации технологических основ процесса обогащения плутония с использованием процесса AVLIS как основного компонента. Аналогичные программы по AVLIS были развернуты во Франции, России, Китае, Японии, Великобритании, Индии, Израиле, Корею.

В Японии также проявляли значительный интерес к урану, так как АЭС составляют основу национальной энергетики. В 1990-1995 гг. разработки технологии лазерного разделения изотопов урана в атомарных парах получили быстрое развитие, а инвестиции в создание AVLIS процесса составили сотни миллионов долларов. Работы по AVLIS начинались в Японии в университете г.Осака (Japan Atomic Energy Research Institute). Наиболее успешным в исследованиях, связанных с технологией AVLIS, является Laser Atomic Separation Engineering Research Association of Japan.

Аналогичная европейская программа называлась SILVA. Наиболее активно важнейшие компоненты оборудования для лазерного разделения изотопов разрабатывались во Франции (Jilas Alcatel) и в Англии (Oxford Lasers). Перечисленные выше исследования в основном проходили в рамках AVLIS.

В новом тысячелетии исследования по лазерному разделению урана были продолжены в сотрудничестве американской компании USEC и австралийской Silex Systems Ltd. Предполагалось создание к 2010 г. промышленной установки с запуском ее в эксплуатацию к 2012 г. с проектной мощностью от 3,5 до 6 млн единиц работы разделения (EPP).

SILEX метод это процесс MLIS с использованием гексафторида урана в качестве сырья. По многим деталям процессы SILEX и MLIS трудно отличить. В SILEX используется импульсный CO₂-лазер с длиной волны 10,8 мкм, излучение которого преобразуется в 16 мкм с помощью парагидрогенного комбинационного преобразователя длины волны лазерного излучения. И целевой изотоп, и отвал удаляются механическим путем, а целевой процесс допускает каскадирование.

SILEX имеет преимущества перед другими процессами обогащения урана, такими как низкое энергопотребление, простые и практичные модули разделения и универсальность. Разработчики метода (компания Silex) декларировали, что коэффициент разделения составляет 2-20.