

предметов искусства. Такой анализ проводят и с помощью нейтронов, образующихся в атомном реакторе, но это требует командировки в соответствующий центр. Использовать компактный источник несколько проще, но метод становится менее чувствительным.

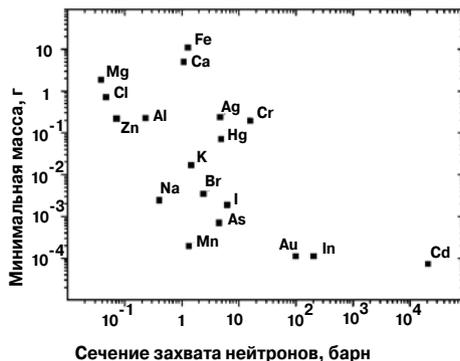
Америций-бериллиевый источник работает так. Вылетевшая из америция альфа-частица попадает в бериллий, и тот становится радиоактивным углеродом-13, который избавляется от лишнего нейтрона, становясь углеродом-12. В общем, на каждый миллион альфа-частиц, вылетевших из америция, получается 30 нейтронов. Они дают вполне достаточный поток для того, чтобы находить в веществе тот или иной элемент.

Америциевые и америций-бериллиевые источники служат также для измерения толщины стенок различных металлических изделий и многих других технологических нужд.

Полетит ли америций в космос?

Возможно, во всяком случае, с 2014 года Еврокомиссия финансировала работы по созданию америциевого источника энергии для космических аппаратов. Для изучения дальних объектов Солнечной системы, а также неосвоенных участков любых космических объектов солнечная энергетика не годится. Именно исследователи из Европейского космического агентства убедились в этом на собственном горьком опыте — при провале в 2016 году экспедиции «Розетта» к комете Чурюмова — Герасименко. Напомним, что тогда посадочный модуль «Филь» в силу цепи случайностей после спуска на поверхность кометы оказался в тени и на остаток энергии смог выполнить лишь ничтожную часть своей программы. В результате продолжавшаяся десять лет экспедиция порадовала пользователей Интернета красивыми картинками кометы в разные моменты ее полета вокруг Солнца, а вот главное — установление ее строения и химического состава — до конца выполнено не было. Мощный источник энергии, в котором радиоактивный элемент нагревает термоэлектрический преобразователь, будь он установлен на борту «Фил», защитил бы от такого конфуза.

В XX веке оптимальным элементом для таких источников питания считали плутоний-238. Он образуется в атомном реакторе, но его не отделяют от остальных изотопов плутония, а получают облучением нейтронами нептуния, который выделяют из отработанного топлива АЭС. Технология эта очень затратная, но во время соревнования двух систем деньги на нее находились. В 1988 году в США прекратили производство этого изотопа и закупили его в СССР, а потом в



Оценка минимальной массы элемента, определяемой с помощью америций-бериллиевого источника нейтронов («Applied Radiation and Isotopes», 2003, 59, 263–266; doi:10.1016/S0969-8043(03)00167-2)

РФ, пока отечественное производство также не было прекращено. В общем, запасы плутония-238 были потрачены на американские экспедиции, исследовавшие Юпитер («Галилео», «Улисс»), Сатурн («Кассини») или Плутон («Нью Хорайз»), а возобновлять производство никто не собирается из-за дороговизны. Америций-241 может послужить неплохой заменой плутонию-238, хотя он и уступает ему в четыре раза по теплотворной способности, рассчитанной на единицу массы. Однако в том плутонии, что получается из отработанного топлива АЭС, америция много, и его становится все больше по мере старения этого топлива — плутоний-241 с периодом полураспада 18 лет постоянно превращается в америций. Исследователи из Лестерского университета, которые были главными в этом евроисследовательском проекте, подсчитали, что в их распоряжении 120 тонн выделенного из отработанного топлива плутония, в которых имеются две-три тонны америция-241. Если придумать эффективный метод выделения этого изотопа, можно сделать много надежных и мощных источников электричества для космических экспедиций. Важное отличие америциевого источника от плутониевого в том, что за двести лет работы его мощность упадет лишь на 30%, в то время как у плутониевого — на все 80%. Получается, что, если предположить продолжение экспедиций к окраинам Солнечной системы, без тщательных исследований по технологии и материаловедению америция не обойтись. Правда, с учетом кризисного состояния мировой космонавтики надежд на это немного.

Чем плох америций? Своей радиоактивностью, большим временем жизни и происхождением из плутония-241. Этот изотоп плутония неизбежно образуется в реакторе атомной электростанции и присутствует в составе плутония, взрывающегося в атомной и термоядерной



бомбах. Таким образом, сначала плутоний-241, а потом и рождающийся из него америций всегда присутствуют в местах атомных испытаний и аварий на атомных электростанциях. И если главные опасные изотопы — цезия и иода — за несколько десятилетий фактически исчезают, то содержание америция только нарастает — плутоний-241 постоянно в него превращается. Со временем радиоактивный америций становится главным радиоактивным элементом, представляющим опасность для человека в загрязненных районах.

Как много америция получается после аварий на АЭС?

Найти такие сведения нелегко. Например, сколько плутония-241 уткло в океан из АЭС Фукусима и сколько америция в результате ежегодно оказывается в организмах обитателей Тихого океана — не сообщается. А вот в Чернобыле оценки сделаны: из реактора вылетело примерно полтора килограмма плутония-241, который, будучи тяжелым элементом, практически полностью осел на почву в тридцатикилометровой зоне отчуждения, где и превращается сейчас в америций. Какова его дальнейшая судьба?

Актиноиды не играют никакой роли в живых организмах, поэтому они преимущественно покидают организм. Америций не составляет исключения: коэффициент всасывания его в желудке и кишечнике — одна десятитысячная доля, растения его тоже почти не усваивают. Поэтому сильнее всего плутоний и америций накапливают кабаны, у которых почва составляет до 2% съеденной пищи — в почве загрязненной зоны радиоактивные частицы, естественно, содержатся. В первую очередь страдает печень кабана — там америция в несколько раз больше, чем в содержимом желудка. По оценкам специалистов Полесского государственного радиационно-экологического заповедника («Известия НАН Беларуси. Серия биологических наук», 2014, 3, 94—100), через легкие в организм кабана попадает в тысячу раз меньше плутония и америция, чем со съеденной почвой (у человека главный путь попадания плутония — именно через легкие). Из этого исследования можно сделать