

14. ПРИМЕНЕНИЕ ПЛУТОНИЯ

В настоящее время плутоний применяется в ядерном оружии, ядерном горючем, источниках нейтронов, пороговых детекторах для определения спектра нейтронов и в производстве высших изотопов плутония и трансплутониевых элементов. Самая большая доля ^{239}Pu в ядерных странах предназначается для производства компонентов ядерного оружия. Однако в последнее время растёт сознание того, что в ядерной энергетике, основанной на уране, в виде отходов получают большие количества плутония. Поэтому следует ожидать, что доля ядерных реакторов, работающих на плутонии, в энергетике возрастет.



Рис. 98. Корпус плутониевой батареи для электрокардиостимулятора (плутоний -238, активность менее 3 Ки, 1973).

В настоящее время нет реакторов, способных работать на чисто плутониевом топливе. В стандартных атомных реакторах (и то далеко не во всех) можно использовать урановое топливо с добавками плутония - МОХ-топливо - смешанное оксидное уран-плутониевое топливо. На первом этапе предполагается использовать в МОХ-топливе оружейного плутония, а в будущем перейти и к реакторному плутонию.

Изотоп ^{239}Pu является исходным веществом для получения в ядерных реакторах многих трансплутониевых элементов.

Благодаря долгому времени жизни и высокой тепловой мощности (0.567 Вт/г, максимальная мощность такого же по массе антрацита – 0,005 ватт) ^{238}Pu и удобному типу распада (чистый α -излучатель, $T=90$ лет, вероятность самопроизвольного деления мала) применяется для изготовления атомных электрических батарей – радиоизотопных термо-электрических генераторов, РИТЭГов (например, источников энергии на борту космических исследовательских аппаратов, навигационных маяков, бакенов и т.п.) с довольно длительным сроком службы, лабораторных нейтронных источников (плутоний-бериллиевые источники), в качестве источников питания для электрокардиостимуляторов, в составе радиоизотопных дымовых детекторов в Европе (в США такие же детекторы изготавливаются из америция из-за его более короткого времени полураспада). Имплантированные изотопные стимуляторы сердечной деятельности потребляют немного энергии и требуют не более 200 мг ^{238}Pu . Сегодня они созданы и применяются во многих странах мира. Ежегодная потребность в стимуляторах составляет 10 тыс. штук. Чистый ^{238}Pu производят в ядерных реакторах, облучая нейтронами ^{237}Np , а такой нептуний выделяют из отработавшего ядерного топлива. Создан проект искусственного сердца с изотопным источником. На все эти нужды в ближайшие три-четыре года потребуется несколько тонн «легкого» плутония.

В отличие от механических смесей бериллия с α -излучателями соединение $^{238}\text{PuBeJ}_3$ имеет вполне определенный выход нейтронов на данный вес соединения. Если используется плутоний, содержащий максимальное количество ^{238}Pu и минимальное количество высших изотопов, то вследствие большего периода полураспада ^{238}Pu получается относительно постоянный по времени источник нейтронов. Такие источники хороши для калибрования приборов, обнаруживающих нейтроны.

^{241}Pu способен делиться на медленных нейтронах; является основным источником получения ^{241}Am . Изотоп ^{240}Pu также может использоваться для решения подобных задач. Изотоп ^{241}Pu (период полураспада 13 лет) после β -распада превращается в ^{241}Am , который используется в качестве наполнителя в большинстве детекторов задымления.

Один из самых интересных изотопов плутония - ^{242}Pu можно получить, облучая длительное время ^{239}Pu в потоках нейтронов. ^{242}Pu очень редко захватывает нейтроны и потому «выгорает» в реакторе медленнее остальных изотопов; он сохраняется и после того, как остальные изотопы плутония почти полностью перешли в осколки или превратились в ^{242}Pu . ^{242}Pu важен как «сырье» для сравнительно быстрого накопления высших трансурановых элементов в ядерных реакторах. Если в обычном реакторе облучать ^{239}Pu , то на накопление из граммов плутония микрограммовых количеств, к примеру, ^{251}Cf потребуется около 20 лет. Можно сократить время накопления высших изотопов, увеличив интенсивность потока нейтронов в реакторе. Так и делают, но тогда нельзя облучать большое количество ^{239}Pu . Ведь этот изотоп делится нейтронами, и в интенсивных потоках выделяется слишком много энергии. Возникают дополнительные сложности с охлаждением контейнера и реактора. Чтобы избежать этих сложностей, пришлось бы уменьшить количество облучаемого плутония. Следовательно, выход калифорния стал бы снова мизерным. Замкнутый круг! ^{242}Pu тепловыми нейтронами не делится, его, и в больших количествах можно облучать в интенсивных нейтронных потоках. Поэтому в реакторах из этого изотопа производят в весовых количествах все элементы от калифорния до эйнштейния.

Чаще всего используется металлический плутоний, его оксиды и фториды. Такие соединения, как карбид PuC , нитрид PuN , дисилицид PuSi_2 и полупторный сульфид $\text{PuS}_{1,33-1,5}$, которые представляют известный интерес ввиду их тугоплавкости.