

# Изотопные источники энергии

О.ЕГОРОВ

ОДНИМ ИЗ КРИТЕРИЕВ УЛУЧШЕНИЯ условий жизни человека является количество электроэнергии, которое он потребляет. Большая часть электроэнергии, вырабатываемой сейчас, получается из невозобновляемых источников: угля, нефти, газа. Выработка электроэнергии на атомных электростанциях также требует затрат невозобновляемых ресурсов, в частно-

*Эта заметка является авторским вариантом статьи, опубликованной в научно-популярном журнале «Электричество и жизнь» (№3, 2000 г.).*

сти урана-235. В процессе работы реакторов на этом топливе идет захват тепловых нейтронов ядрами урана-238, при этом «нарабатывается» плутоний-239 и множество других радиоизотопов. Само название «радиоизотопы» означает, что эти вещества радиоактивны, т.е. распадаются с выделением  $\alpha$ -частиц, электронов или  $\gamma$ -квантов; при этом выделяется энергия, которую также хотелось бы использовать.

В этой заметке мы рассмотрим некоторые радиоизотопные источники

электроэнергии, нашедшие широкое и разнообразное применение в самых разных сферах жизнедеятельности человека.

В настоящее время накоплено огромное количество радиоактивных изотопов. При их распаде выделяется тепловая энергия, которую при желании можно преобразовать в электрическую. Тепловая энергия – это конечный продукт торможения в веществе частиц, образующихся при радиоактивных распадах. Первоначально такие источники получили распространение в космосе в обитаемых кораблях, поскольку не надо было беспокоиться о радиационной защите. В дальнейшем они нашли применение и в иных областях человеческой деятельности, где использование других источников энергии либо невозможно, либо совершенно нерентабельно.

В 1999 году исполнилось 40 лет со времени разработки первого в мире

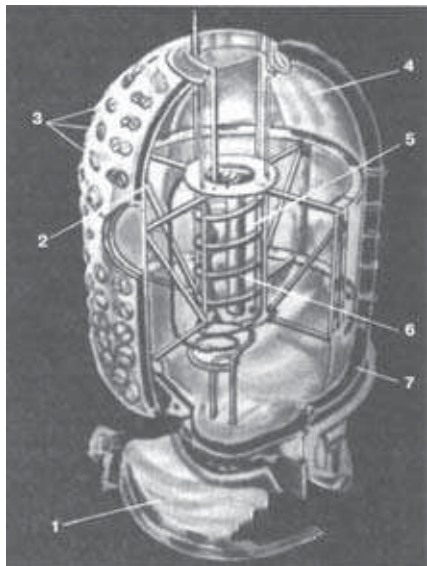
*(Окончание см. на с. 34)*

(Начало см. на с. 31)

изотопного источника электроэнергии. Тогда в рамках проекта «Орион» комиссия по атомной энергии США приняла решение создать целую серию ядерных вспомогательных источников энергии – сокращенно SNAP. В соответствии с этой программой, в США приступили к разработке устройств, в которых электроэнергия получается при использовании тепла – либо выделяемого при радиоактивном распаде изотопов, либо вырабатываемого при делении ядер урана в небольших ядерных реакторах (таким источникам тока присваивались нечетные номера).

Исторически первым был разработан термоэлектрический генератор SNAP-1A мощностью 125 Вт с ртутной защитой. Работы над установкой были закончены в 1960 году после испытания модели с электрическим подогревом. На рисунке хорошо видны таблетки изотопа церия  $^{144}\text{Ce}$ , при радиоактивном распаде которого выделяется тепло, и змеевик охлаждения. Все это находится в пространстве, заполненном ртутью. На поверхности изолирующего покрытия расположены термоэлектрические преобразователи.

Примерно тогда же (в 1959 году) был создан изотопный термоэлектрический преобразователь SNAP-3, предназначенный для проверки основных принципов работы таких устройств. Этот преобразователь был загружен изотопом полония  $^{210}\text{Po}$ . Он имел на-



Источник SNAP-1A. Здесь 1 – тепловая изоляция, 2 – тепловые экраны, 3 – термоэлектрические преобразователи, 4 – пространство, заполненное ртутью, 5 – таблетки церия, 6 – охлаждающий змеевик, 7 – изоляция

чальную мощность 3 Вт и проработал долгие годы.

Радиоизотопные преобразователи типа SNAP-3, загруженные изотопом плутония  $^{238}\text{Pu}$ , имели мощность 2,7 Вт и массу 1,84 кг (2,5 кг вместе с термоэлектрическим преобразователем). Малые размеры ( $11,875 \times 12,25$  см) и относительно небольшая масса позволили использовать их в космосе, в частности как вспомогательные источники электроэнергии в спутниках серии «Транзит-4А» и «Транзит-4Б», запускаемых с 1961 года. Плутоний-238 имеет период полураспада 89 лет, так что преобразователь обеспечивал указанную мощность по крайней мере в течение 5 лет. Следует отметить, что спутник «Транзит-4А» с радиоизотопным источником, запущенный 28 июня 1961 года, – первый случай использования атомной энергии в космосе. Заметим также, что в плутонии-238, в отличие от плутония-239, не может поддерживаться цепная ядерная реакция, а значит, при использовании этого изотопа исключена опасность ядерного взрыва.

Серия радиоизотопных источников типа SNAP-7 с загрузкой изотопом стронция  $^{90}\text{Sr}$  предназначалась уже для использования на земле. Так, SNAP-7A мощностью 5 Вт и SNAP-7B мощностью 30 Вт использовались в качестве источников энергии для навигационных маяков, а источники SNAP-7C мощностью 5 Вт и SNAP-7D мощностью 30 Вт – в автоматических метеостанциях, расположенных в удаленных районах.

Источник SNAP-9A мощностью 25 Вт был разработан для установки на спутнике «Транзит-5». Использованный в нем радиоизотоп плутония  $^{238}\text{Pu}$  обеспечивал надежную работу в космосе в течение 6 лет.

Термоэлектрический генератор SNAP-11 был предназначен для использования при мягкой посадке на Луну. Загруженный в него радиоизотоп кюрия  $^{242}\text{Cm}$  обеспечивал мощность 21–25 Вт в течение 120 дней.

Можно сказать, что использование радиоизотопных источников тока вместо химических позволило в десятки и даже сотни раз увеличить длительность пребывания спутников на орбите. Однако при использовании спутников с большим энергопотреблением мощности радиоизотопных генераторов оказывается недостаточно. При энергопотреблении более 500 Вт, по анализу американской комиссии по использованию атомной энергии, более рентабельно использовать ядер-

ные реакции деления, т.е. маленькие атомные станции.

Сделаем теперь несколько численных оценок.

Мы видели, что радиоизотопные преобразователи SNAP-3 загружаются изотопами полония  $^{210}\text{Po}$  (период полураспада 0,38 года) или плутония  $^{238}\text{Pu}$  (период полураспада 89 лет). Оценим количество радиоизотопа  $^{238}\text{Pu}$ , необходимого для обеспечения такой же тепловой мощности, как и при загрузке  $^{210}\text{Po}$ , если тепловая мощность преобразователя 60 Вт, а масса изотопа полония 0,38 г.

Воспользуемся законом радиоактивного распада. Оба изотопа испускают только  $\alpha$ -частицы. Для грубой оценки можно составить пропорцию: чем меньше период полураспада, тем больше удельная активность препарата. И если период полураспада изотопа плутония в 234 раза больше периода полураспада изотопа полония, то и масса изотопа плутония, необходимая для создания той же тепловой мощности, должна быть приблизительно в 234 раза больше массы изотопа полония.

Отсюда возникают и особенности применения различных радиоизотопов. Так, если вам нужен источник на короткое время, например в космическом полете, то лучше взять короткоживущий изотоп, масса которого, необходимая для создания нужной тепловой мощности, просто ничтожна. Для использования же таких источников на земле масса загружаемого изотопа ничем не лимитируется, кроме повышения радиоактивного фона вблизи источника. (При толщине стенок контейнера порядка одного сантиметра контейнер полностью поглощает все  $\alpha$ -частицы. Скажем больше – кожа человека также полностью задерживает эти частицы.)

Оценим теперь активность используемых радиоактивных источников. Зная массу и период полураспада изотопа  $^{210}\text{Po}$ , найдем его активность и выразим ее в кюри ( $1 \text{ кюри} = 3,7 \cdot 10^{10}$  распадов в секунду), если энергия испускаемых  $\alpha$ -частиц равна 5,3 МэВ.

Зная молярную массу изотопа полония и число Авогадро, легко сосчитать, что в 0,38 г изотопа содержится  $1,1 \cdot 10^{21}$  атомов полония. За 0,38 года распадается половина этого количества, а за одну секунду происходит, соответственно,  $4 \cdot 10^{13}$  распадов. Значит, активность препарата составляет 1100 кюри. (Для сравнения напомним, что в Чернобыле активность выбросов была на 4 порядка больше.)