

Р и с. 1. Детектор промежуточных нейтронов:
1 — сферический замедлитель; 2 — счетчики СНМ-13; 3 — кадмиевая оболочка.

Зависимость чувствительности детектора ϵ и погрешности $\Delta\epsilon$ от энергии нейтронов \bar{E}

| \bar{E} | ϵ , имп/нейтр | $\Delta\epsilon$, имп/нейтр |
|-----------|---------------------------|---------------------------------|
| 0,025 эв | $1,71 \cdot 10^{-3}$ | $0,12 \cdot 10^{-3}$ |
| 25 кэв | $2,29 \cdot 10^{-4}$ | $0,34 \cdot 10^{-4}$ |
| 300 кэв | $1,76 \cdot 10^{-4}$ | $0,19 \cdot 10^{-4}$ |
| 1,4 Мэв | 0 | $\leq 2,3 \cdot 10^{-5}$ |
| 2,8 Мэв | 0 | $\leq 2,3 \cdot 10^{-5}$ |

перемещение собранного источника. К моменту градуировки детектора полный поток нейтронов составлял $5 \cdot 10^5$ нейтр/сек при использовании гамма-источника активностью 0,4 г.эвс Ra.

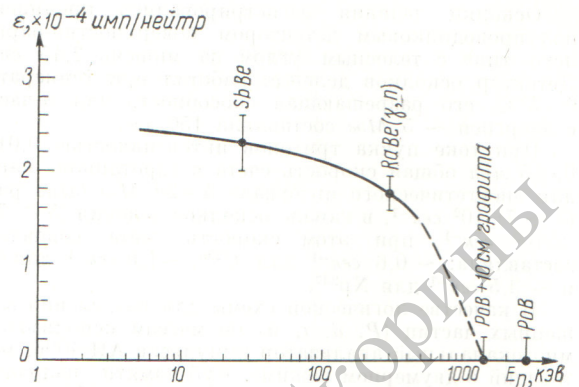
Источником нейтронов со средней энергией 300 кэв служил RaBe (γ, n)-источник, с энергией 2,8 Мэв — PoВ (α, n)-источник. Полный поток нейтронов, испускаемых источниками, определяли методом активации марганца. Результаты этих измерений приведены в таблице и на рис. 2.

Для уточнения верхней по энергии границы чувствительности детектор градуировали по PoВ-источнику, помещенному в графитовую сферу радиусом 10 см. Согласно работе [4], средняя энергия нейтронов такого источника равна 1,4 Мэв. Из рис. 2 следует, что верхняя граница чувствительности детектора лежит около 1 Мэв.

Применение Ge(Li)-гамма-спектрометра для контроля активности теплоносителя в ядерных реакторах

А. М. ДЕМИДОВ, Г. А. КОТЕЛЬНИКОВ, А. А. ОСКЕРКО

В работе приведены результаты контроля за состоянием активности теплоносителя контура бассейна, основного контура, петли ПВО и петли ПВК реактора МР Института атомной энергии им. И. В. Курчатова [1]. Измерения проводили с использованием пробоотбора и германий-литиевого гамма-спектрометра.



Р и с. 2. Зависимость чувствительности детектора промежуточных нейтронов от энергии нейтронов.

Чувствительность детектора в области тепловых нейтронов определялась при снятой кадмиевой оболочке в потоке тепловых нейтронов, полученном с помощью PoBe-источника, помещенного в парафиновую сферу диаметром 15 см [5]. Определенная таким способом чувствительность оказалась равной $(1,71 \pm 0,12) \times 10^{-3}$ имп/нейтр. При этом поправку на температуру нейтронов из парафиновой сферы не учитывали. Предполагая, что в области энергий от 25 кэв до 0,025 эв нет особенностей, можно экстраполировать полученную кривую (рис. 2) до тепловой области.

Разработанный детектор промежуточных нейтронов позволяет проводить измерения потоков промежуточных нейтронов с плотностью выше 7 нейтр/сек.см² в γ -полях, встречающихся в практике дозиметрических измерений до 2000 р/ч.

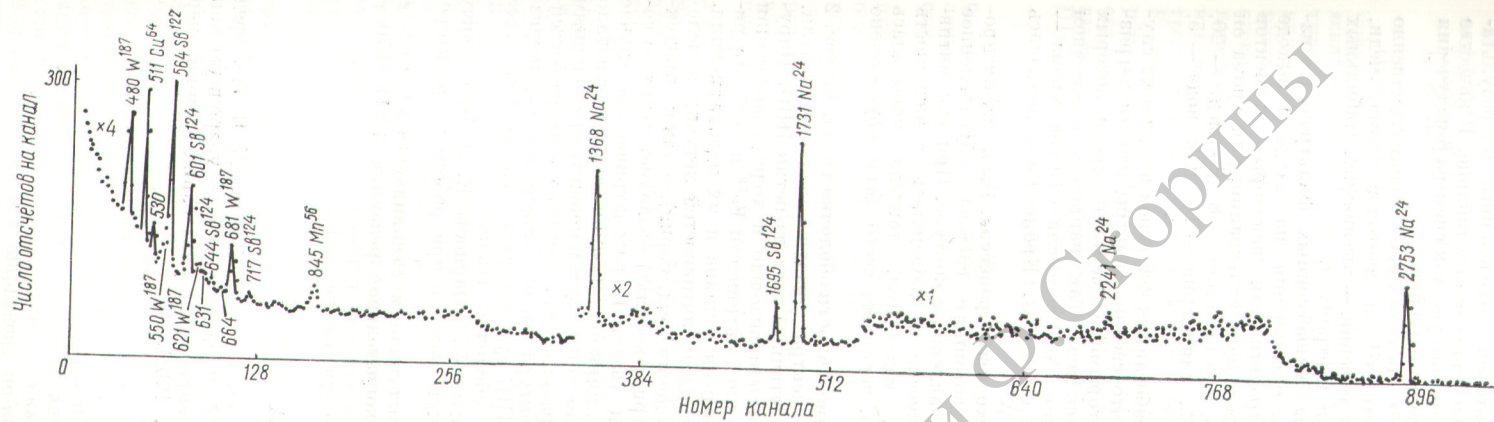
Поступило в Редакцию 12/XII 1969 г.
В окончательной редакции 31/III 1970 г.

ЛИТЕРАТУРА

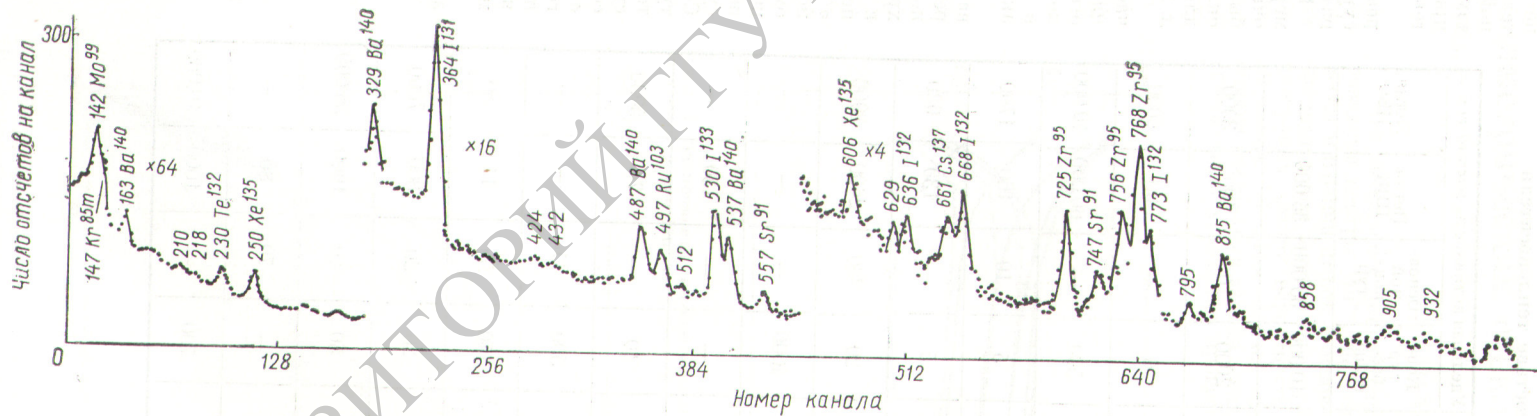
1. T. Bonner et al. Phys. Rev., 100, 84 (1955).
2. R. Fräki et al. AE-91, 1962.
3. Ю. М. Толченев, В. Г. Чайковский. Сб. «Ядерно-физическая дозиметрическая аппаратура», М., Госатомиздат, 1962, стр. 16.
4. R. Nobles et al. Rev. Sci. Inst., 25, 334 (1954).
5. П. Д. Васильев и др. «Измерительная техника», 8, 74 (1968).

УДК 621.039.534:681.2

Содержание продуктов коррозии. В контуре бассейна и основном контуре приемлемый для анализа объем пробы составлял около 1 л. С целью ускорения анализа и освобождения от избыточной активности Na²⁴ пробу предварительно концентрировали до объема ~ 20 см³ пропусканием через смолу АВ-17. В случае



Р и с. 1. Участок спектра γ -излучения контура бассейна во время стационарной работы.



Р и с. 2. Участок спектра γ -излучения петли ПВО во время нарушения герметичности оболочки твэла.

Данные об изотопном составе теплоносителя реактора МР

| Изотоп | $T_{1/2}$ | Удельная активность, распад/сек·л | | | |
|-------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| | | Кон-тур бассейна | Основной контур | Петля ПВК | Петля ПВО |
| Na ²⁴ | 15 ч | 10 000 | 30 000 | 35 000 | — |
| Cr ⁵¹ | 28 суток | 2000 | 100 | 400 | 3000 |
| Mn ⁵⁴ | 291 сутки | 6 | — | 60 | 1000 |
| Mn ⁵⁶ | 2,6 ч | 500 | — | 60 000 | 40 000 |
| Co ⁵⁸ | 71 сутки | 5 | 10 | 160 | 1700 |
| Fe ⁵⁹ | 44 суток | 5 | — | 130 | 620 |
| Co ⁶⁰ | 5,25 года | 20 | 330 | 2600 | 3900 |
| Cu ⁶⁴ | 13 ч | 4000 | — | — | — |
| Zr ⁹⁵ | 63 суток | — | — | 130 | — |
| Mo ⁹⁹ | 67 ч | 40 | — | 70 | 5000 |
| Sb ¹²² | 2,8 суток | 500 | 30 | — | — |
| Sb ¹²⁴ | 60 » | 150 | 7 | 15 | 80 |
| I ¹³¹ | 8 » | 20 | 20 | 300 | 7000 |
| I ¹³³ | 21 ч | 50 | 40 | 1600 | 36 000 |
| Ba ¹⁴⁰ | 13 суток | — | 70 | 80 | — |
| W ¹⁸⁷ | 24 ч | 700 | — | 1000 | 10 000 |

петлевых каналов было достаточно ~ 30 см³ теплоносителя без предварительной обработки. Величины удельной активности изотопов, определенные по результатам обсчета спектров, приведены в таблице. В качестве примера на рис. 1 показан участок спектра β -излучения теплоносителя контура бассейна.

Появление Na²⁴ обусловлено преимущественно реакцией Al²⁷ (n, α) Na²⁴, а изотопов хрома, меди, сурьмы, вольфрама и рения — активацией стабильных изотопов тепловыми нейтронами.

Контроль работы ионообменных фильтров. По измерениям спектров γ -излучения на входе и выходе очистительных устройств для некоторых элементов был вычислен коэффициент фильтрации; для хрома он оказался равным 5, для кобальта — 8, для меди — 20, для циркония — 12, для церия — 13, для иода — 5, для бария — 6.

При замене отработанных фильтров в одном из случаев выяснилось, что свежие фильтры начали загрязнять контур некоторыми элементами, среди которых особенно выделялась медь. Так, например, в основном контуре концентрация Na²⁴ возросла в 10 раз, хрома — в 200, меди — в 1,6 · 10⁶ раз. Кроме того, появилась активность Br⁸² и W¹⁸⁷.

Контроль переходных процессов. Было зафиксировано изменение изотопного состава, обусловленное резким перепадом давления в контуре. При этом активность Na²⁴ практически не изменилась, а активность хрома, кобальта, вольфрама, тантала повысилась в 50—200 раз, что, вероятнее всего, было обусловлено подъемом шлама.

Нарушение герметичности оболочки твэла. На рис. 2 показан участок спектра γ -излучения теплоносителя, омывавшего негерметичный твэл из петли ПВО. Нарушение герметичности произошло в ходе дезактивации петли от коррозионной активности Fe⁵⁹ и Co⁶⁰. На рисунке указаны энергия γ -пииков и их идентификация. Сопоставление удельных активностей летучих и нелетучих осколков деления (иод, барий), а также продуктов коррозии (натрий, кобальт) позволяет судить о состоянии оболочки твэла. В рассматриваемом случае соотношение иода, циркония и бария свидетельствовало о непосредственном контакте теплоносителя с ядерным горючим и о его размывании. В случае контура бассейна и основного контура имелись поверхностные загрязнения. В петле ПВК существовали газовые течи через микронарушения оболочки твэла.

Авторы выражают благодарность Е. Н. Бабулевицу за организационную помощь при работе на реакторе.

Поступило в Редакцию 16/XI 1969 г.
В окончательной редакции 3/VII 1970 г.

ЛИТЕРАТУРА

- В. В. Гончаров и др. Доклад № П 323, представленный СССР на Третью международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1964).