

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД РАДИОМЕТРИИ
ИНКОРПОРИРОВАННЫХ НУКЛИДОВ ТОРИЕВОГО РЯДА

А.А.Петушков, М.Р.Зельцер, П.П.Лярсний

Институт гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР.
Москва. СССР

The complex of the apparatus and methods for the assessment of Th-228 body burden in man was developed. The correlation is found between content of thoron (Q_{Th})_A in the breath, which was measured by a special scintillation apparatus (0.05 pCu/l sensitivity), and Ra-224 in the excretion (Q_{R2})_x, which was measured by the method of the high emanating samples preparation (0.05 p Cu sensitivity), with the activity of Th-228-body burden in man.

Расширение использования в промышленности тория и различных неметаллических руд, в которых торий присутствует как примесь ведет к увеличению контингента людей, работающих в условиях контакта с радионуклидами ториевого ряда. В связи с этим понятен интерес к проблеме контроля поступления в организм и накопления в нем тория и продуктов его распада /1 ; 2 ; 3 ; 4 /.

В соответствии с указаниями МНРЗ (ICRP-10) и ННРЗ СССР (НРБ-69) такой контроль должен строиться в основном на определении индивидуального содержания в организме изотопов ториевого ряда, среди которых большое значение имеет радиоторий, ответственный вместе с дочерними продуктами за 90% энергии альфа-распада ториевого ряда.

Наиболее точную оценку содержания радиотория в организме (в пределах своей чувствительности) дает метод гамма-спектрометрии человеческого тела с помощью СИЧ, однако, как показывает практика, его чувствительность (1-5 нкюри) в большинстве случаев недостаточная для проведения массовых обследований. В принципе большую чувствительность могут обеспечить методы оценки содержания радиотория в организме по активности торона в выдыхаемом воздухе и радия-224 в выделениях. Для их реализации нужно знать величины коэффициента эманирования торона и перехода эндогенного радия-224 в выделения, которые для наиболее важного в условиях профессионального контакта ингаляционного поступления тория в организм изучены недостаточно.

Чтобы получить необходимые соотношения, мы предприняли попытку с помощью аппарата камерных моделей проанализировать имеющуюся в работах/ 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 и других/ экспериментальную информацию о метаболизме тория и продуктов его распада в организме при их внутривенном и аэрогенном поступлении.

Анализ показал, что в случае аэрогенного поступления радиотория в растворимой, ионной форме ежедневно с экскретами выводится доля равновесного радия-224, равная $4 \div 5\%$ от содержания радиотория в организме - Q_{T_2} , причем перераспределение со временем депонированного радиотория существенно не сказывается на этой величине; чего нельзя сказать об активности торона в выдыхаемом воздухе, которая за время $2T$ (где $T \sim 60$ дн - период полувыведения тория из легких) изменяется от 13 до 6% от величины Q_{T_2} . Отметим, что скорость выведения радиотория не превышает $0,2\% Q_{T_2}$ в день.

При поступлении радиотория в нерастворимой форме ежедневная экскреция равновесного радия-224 зависит от дисперсности пыли, с которой радиоторий поступает в легкие: для пыли двуокиси тория с СМД $\sim 1 \mu$ ежедневно выводится $\sim 1\% Q_{T_2}$, а для пыли двуокиси с СМД $= 0,2 \mu$ - $2\% Q_{T_2}$; в то же время эманирование торона зависит от дисперсности слабее и для указанных пылей коэффициент эманирования $\sim 6\% Q_{T_2}$ и также как и экскреция радия-224 существенно от времени не зависит.

Для определения содержания в выделениях радия-224 нами используется методика, основанная на эманометрии сухих препаратов, коэффициент эманирования торона из которых специальным приготовлением доведен до величины большей 0,8.

Чувствительность метода 0,05 пкюри радия-224 в пробе /12/. Этот метод определения радия-224 проще альфа-спектрометрии / 13 / или метода "смешивания" / 14 /, с его помощью произведена оценка величины ежедневной экскреции радия-224 с калом - F у людей, не имевших контактов с торием, $F \sim 1$ пкюри/с.

Весьма чувствительный метод измерения содержания торона в выдыхаемом воздухе был предложен I. Hursh и A. Lovaas / II /. Однако его реализация наталкивается на трудности поддержания высокой и стабильной сорбционной способности угольной ловушки, с помощью которой из выдыхаемого воздуха извлекается торон.

Для определения концентрации торона в выдыхаемом воздухе у людей в данной работе сконструирован удобный в эксплуатации, автономный сцинтилляционный эманометр, в котором регистрируется альфа-распад торона и тория-А в проходящей через камеру прибора струе воздуха.

Объем и конструкция камеры выбраны так, чтобы обеспечить оптимальную величину коэффициента использования активности эманации $S = 200 \frac{1/\text{час}}{\text{пкюри/л}}$ при средней скорости продувки 8 л/мин.

Фон прибора, когда последний соединен с человеком, легкие которого в течение 20' очищались безрадоновым воздухом, как показали специальные измерения не превышает 10-12 1/час.

Это позволяет измерять концентрацию торона в выдыхаемом воздухе $\sim 0,05$ пкюри/л.

С помощью этого прибора произведена оценка естественного содержания торона в выдыхаемом воздухе у некурящих ($0,14 \pm 0,02 \frac{\text{пкюри}}{\text{л}}$ для группы 10 чел.). У курящих концентрация торона оказалась вдвое большей ($0,28 \pm 0,03 \frac{\text{пкюри}}{\text{л}}$ для группы 10 чел.), что подтверждается данными G. Jovet / 15 / о возможности накопления тория в легких при курении.

Приведенные выше соотношения, связывающие активность тория-228 в организме с активностью радия-224 в выделениях и торона в выдыхаемом воздухе, а также данные о чувствительности использованных радиометрических методик позволяют сделать заключение, что в случае ингаляционного поступления радиотория в растворимой форме целесообразно определять его содержание в организме по активности радия-224 и выделениях; предел обнаружения при этом ~ 20 пкюри

в организме. Если радиоторий поступает в нерастворимой форме, то лучше, по-видимому, воспользоваться эманометрическим методом (предел обнаружения ~ 10 пкюри радиотория в легких).

В обоих случаях эти методики позволяют определять радиоторий на уровне естественного его содержания в организме.

Разработанные методы применяются для обследования на содержание радиотория у рабочих рудников и горнообогатительных фабрик промышленности редких металлов. У некоторых из них обнаружено повышение содержания торона в выдыхаемом воздухе в пределах $0,3 - 0,6$ пкюри/л; поскольку торий в этом случае поступал в форме нерастворимой пыли, можно на основании вышеизложенного заключить, что в легких у них имеется депо радиотория с активностью $60-120$ пикююри.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Е.Наплан, Атомная энергия 5, 2, 1958.
2. Н.Ю.Тарасенко, Гигиена труда при работе с торием. М., 1963.
3. R.Du Toit, в кн. "Radiological Health and Safety in mining and milling". Vienna I. 203. 1964.
4. R.Albert, "Thorium: Its industrial hygiene aspects". N-W.1966.
5. Н.А.Павловская "Метаболизм тория-232 и продуктов его распада в организме животных и человека. Докт. дис. М., 1972.
6. C.Mays et al., Rad. Res. 8. 6. 1958.
7. B.Stover et al., Rad. Res. 26.1.1965.
8. B.Boccker, R. Thomas, Health Phys. 9. 2. 1963.
9. R.Thomas et al., Health Phys. 9.2.1963.
10. I.Ballou, I. Hursh, Health Phys. 22, 2, 1972.
11. I.Hursh, A.Lovaas, Health Phys. 9.6.1963.
12. А.А.Петушнов с соавт. "Гигиена и санитария". 4, 1972.
13. I.Ogawa et al., Nucl. Instr. and Met. 13, 169, 1961.
14. B. Rajewsky, W. Stahlhofen. Nature, 198, 4884, 1963.
15. G.Jovet, Experientia: 27. 1, 1971.