

Бром

Характеристика изотопов. Природный бром состоит из двух стабильных изотопов: ^{79}Br (50,54 %) и ^{81}Br (49,46 %). В природе находится главным образом в морской воде и некоторых озёрах в виде соединений с металлами. Содержится также в почве, растениях и организме животных и человека. Баланс брома для условного человека (в миллиграммах в сутки): поступление с пищей и жидкостями — 7,5; выделение: с мочой — 7,0; фекалиями — 0,07; потом — 0,19; волосами — 0,002 [1]. В медицине бромиды калия и натрия применяются для лечебных целей как успокаивающее средство.

Известны радиоактивные искусственные изотопы с массовыми числами $70 \div 78$, 80 , $82 \div 92$. Ядерно-физические свойства основных радиоактивных изотопов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ядерно-физические свойства радиоизотопов брома

Радионуклид	$T_{1/2}$	Тип распада	Средняя энергия излучения, МэВ/(Бк·с)		Дочерний радионуклид (выход)
			характеристическое, γ - и аннигиляционное излучение	β -излучение, конверсионные электроны и электроны Оже	
^{74m}Br	41,5 мин.	ЗЭ, β^+	4,02	1,41	^{74}Se стаб.
^{74}Br	25,3 мин.	ЗЭ, β^+	4,54	1,11	^{74}Se стаб.
^{75}Br	98 мин.	ЗЭ, β^+	1,20	$5,21 \cdot 10^{-1}$	^{75}Se радиоакт.
^{76}Br	16,2 ч.	ЗЭ, β^+	2,58	$6,88 \cdot 10^{-1}$	^{76}Se стаб.
^{77}Br	56 ч.	ЗЭ, β^+	$3,17 \cdot 10^{-1}$	$9,13 \cdot 10^{-3}$	^{77}Se стаб.
^{80m}Br	4,42 ч.	ИП	$2,40 \cdot 10^{-2}$	$6,03 \cdot 10^{-2}$	^{80}Br радиоакт.
^{80}Br	17,4 мин.	β^- ЗЭ, β^+	$7,96 \cdot 10^{-2}$	$7,23 \cdot 10^{-1}$	^{80}Kr стаб. ($9,16 \cdot 10^{-1}$) ^{80}Se стаб. ($8,40 \cdot 10^{-2}$)
^{82}Br	35,3 ч.	β^-	2,63	$1,38 \cdot 10^{-1}$	^{82}Kr стаб.
^{83}Br	2,39 ч.	β^-	$7,50 \cdot 10^{-3}$	$3,21 \cdot 10^{-1}$	^{83}Kr радиоакт. ($2,20 \cdot 10^{-4}$); ^{83m}Kr радиоакт. ($9,998 \cdot 10^{-1}$)
^{84}Br	31,8 мин.	β^-	1,77	1,23	^{84}Kr стаб.

Примечание:

ЗЭ — захват электрона; ИП — изомерный переход;

β^- — электронный распад; β^+ — позитронный распад.

Получение. При облучении стабильного брома в реакторах образуются ^{80}Br , ^{82}Br и ^{87}Br .

Применение. ^{80m}Br и ^{82}Br широко используют в методе меченых атомов в физической химии, биологии и промышленности. ^{82}Br применяют в медицине для лечения некоторых злокачественных опухолей и для исследования механизма действия бромсодержащих лечебных препаратов.

Поступление, распределение и выведение из организма. Бром легко всасывается в кишечнике. Величина всасывания принимается равной 1. В организме распределяется относительно равномерно. Наиболее высокая концентрация радионуклида регистрируется в щитовидной железе, где бром вступает в конкурентные отношения с йодом, что влияет на функцию щитовидной железы и в этой связи на обмен веществ. Большая часть его в железе находится в ионной форме. Высокое содержание отмечается также в слизистой желудка. Бром в форме HBr является составной частью желудочного сока, обуславливая наряду с хлором его кислотность. Высокие концентрации радионуклида отмечаются также в гипофизе, надпочечниках и эритроцитах. Меньше всего бром накапливается в скелете и мышцах. Существует рециркуляция брома между ЖКТ и кровью.

Выводится бром из организма в основном с мочой. Выведение с калом — около 1 %. T_6 брома из организма равен 10 сут. Кратность накопления в организме 26,6. Поглощённая доза при пероральном и в/в введении 37 кБк ^{82}Br в среднем по организму составляет 2,5 мкГр [2].

Гигиенические нормативы. Значения дозовых коэффициентов приведены в таблицах 2, 3, 4 .

Значения дозовых коэффициентов, предела годового поступления (ПГП) с воздухом и допустимой среднегодовой объёмной активности (ДОО) в воздухе для персонала радиоизотопов брома [НРБ-99]

Радионуклид	Период полураспада, $T_{1/2}$	Тип соединения при ингаляции	Дозовый коэффициент $\epsilon_{нас}^{возд}$, Зв/Бк	Предел годового поступления ПГП _{перс} , Бк/год	Допустимая среднегодовая активность ДОО _{перс} , Бк/м ³
⁷⁴ Br	0,422 ч.	Б	$2,8 \cdot 10^{-11}$	$7,1 \cdot 10^8$	$2,9 \cdot 10^5$
		П	$4,1 \cdot 10^{-11}$	$4,9 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^5$
^{74m} Br	0,691 ч.	Б	$4,2 \cdot 10^{-11}$	$4,8 \cdot 10^8$	$1,9 \cdot 10^5$
		П	$6,5 \cdot 10^{-11}$	$3,1 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^5$
⁷⁵ Br	1,63 ч.	Б	$3,1 \cdot 10^{-11}$	$6,5 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^5$
		П	$5,5 \cdot 10^{-11}$	$3,6 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^5$
⁷⁶ Br	16,2 ч.	Б	$2,6 \cdot 10^{-10}$	$7,7 \cdot 10^7$	$3,1 \cdot 10^4$
		П	$4,2 \cdot 10^{-10}$	$4,8 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^4$
⁷⁷ Br	2,33 сут.	Б	$6,7 \cdot 10^{-11}$	$3,0 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^5$
		П	$8,7 \cdot 10^{-11}$	$2,3 \cdot 10^8$	$9,2 \cdot 10^4$
⁸⁰ Br	0,290 ч.	Б	$6,3 \cdot 10^{-12}$	$3,2 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^6$
		П	$1,0 \cdot 10^{-11}$	$2,0 \cdot 10^9$	$8,0 \cdot 10^5$
^{80m} Br	4,42 ч.	Б	$3,5 \cdot 10^{-11}$	$5,7 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^5$
		П	$7,6 \cdot 10^{-11}$	$2,6 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^5$
⁸² Br	1,47 сут.	Б	$3,7 \cdot 10^{-10}$	$5,4 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^4$
		П	$6,4 \cdot 10^{-10}$	$3,1 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^4$
⁸³ Br	2,39 ч.	Б	$1,7 \cdot 10^{-11}$	$1,2 \cdot 10^9$	$4,7 \cdot 10^5$
		П	$4,8 \cdot 10^{-11}$	$4,2 \cdot 10^8$	$1,7 \cdot 10^5$
⁸⁴ Br	0,530 ч.	Б	$2,3 \cdot 10^{-11}$	$8,7 \cdot 10^8$	$3,5 \cdot 10^5$
		П	$3,9 \cdot 10^{-11}$	$5,1 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^5$

* Примечание:

К типу "Б" относятся соединения с Н, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr.

К типу "П" относятся иные соединения.

Таблица 3

Значения дозовых коэффициентов, пределов годового поступления (ПГП) с воздухом и пищей, допустимой объёмной активности (ДООА) во вдыхаемом воздухе и уровни вмешательства (УВ) при поступлении с водой для населения радионуклидов брома [НРБ-99]

Радионуклид	Период полураспада, $T_{1/2}$	Поступление с воздухом				Поступление с водой и пищей			
		Критическая группа*	Дозовый коэффициент, $\epsilon_{\text{нас}}^{\text{возд}}$, Зв/Бк	Предел годового поступления, Бк/год	Допустимая средняя годовая объёмная активность, ДООА _{нас} , Бк/м ³	Критическая группа*	Дозовый коэффициент, $\epsilon_{\text{нас}}^{\text{возд}}$, Зв/Бк	Предел годового поступления, Бк/год	Уровень вмешательства
⁷⁷ Br	2,33 сут.	2	$5,1 \cdot 10^{-10}$	$2,0 \cdot 10^6$	Бк/м ³	2	$4,4 \cdot 10^{-10}$	$2,3 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^3$
⁸² Br	1,47 сут.	5	$7,9 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^6$	Бк/м ³	2	$2,6 \cdot 10^{-9}$	$3,8 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^2$

* 2 — дети в возрасте 1–2 года, 5 — дети в возрасте 12–17 лет.

**Минимально значимые удельная активность (МЗУА)
и активность в помещении или на рабочем месте (МЗА)
радиоизотопа брома ^{82}Br [НРБ-99]**

Радио- нуклид	МЗУА, Бк/г	МЗА, Бк	Группа радиационной безопасности
^{82}Br	$1 \cdot 10^1$	$1 \cdot 10^6$	В

Методы определения. Загрязнение внешней среды определяется по данным радиометрических и спектрометрических исследований. В организме заражение радиоактивными изотопами диагностируется по β -излучению от биосубстратов (кровь, моча, кал, слюна, желудочное содержимое) и γ -излучению от тела и щитовидной железы.

Меры профилактики. При работе с радиоактивными изотопами брома необходимо соблюдать правила санитарные и радиационной безопасности с применением специальных мер защиты в соответствии с классом работ [3].

Неотложная помощь. Дезактивация рук и лица водой с мылом, промывание носоглотки и полости рта большим количеством воды или раствором соды. Рвотные средства (апоморфин 1 % — 0,5 мл подкожно) или промывание желудка. Солевые слабительные и очистительные клизмы. Внутрь бромид натрия 0,2 г, бромид калия 0,2 г. Обильное питье. Мочегонные (фонурит 0,25 г, гипотиазид 0,2 г) [4].

Список литературы

- [1] “Человек. Медико-биологические данные.” Публикация 23 МКРЗ. — М.: Медицина, 1977. — 496 с.
- [2] “Защита пациента при радиоизотопных исследованиях.” Публикация 17 МКРЗ. — М.: Медицина, 1974. — 87 с.
- [3] “Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы.” — М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999, 116 с.
- [4] Борисов В. П. и др. “Неотложная помощь при острых радиационных воздействиях.” — М.: Атомиздат, 1976 — 208 с.