

Рений

Характеристика элемента. Природный рений содержит два изотопа: стабильный ^{185}Re (37,07 %) и слаборадиоактивный ^{187}Re (62,93 %), $T_{1/2} = 4 \cdot 10^{10}$ лет. Рений — типичный рассеянный элемент. Среднее содержание в земной коре равно $7 \cdot 10^{-8}$ по массе. Известны минералы рения — оксид, сульфид и сульфуренат меди. Основным источником получения рения являются молибденовые и медные концентраты. Сплавы с W, Mo, Ta характеризуются высокой жаропрочностью и применяются в авиационной и космической технике. Используют рений также в качестве катализатора при крекинге нефти.

Известны радиоактивные искусственные изотопы с массовыми числами 161 ÷ 165, 170, 172, 174 ÷ 184, 186 ÷ 192. Ядерно-физические характеристики основных радиоактивных изотопов приведены в таблице 1.

Получение. Радиоактивные изотопы рения получают при действии ускоренных протонов на вольфрам, нейтронов на рений, осмий, иридий, α -частиц или дейтронов на торий и вольфрам.

Применение. ^{183}Re и ^{186}Re используют в методе меченых атомов.

Поступление, распределение и выведение из организма. При в/в введении крысам $^{183,184}\text{Re}$ концентрация радионуклида через 4 ч. выше в щитовидной железе, чем в желудке (6,4 и 3,03 % соответственно). За этот период 50 % активности выводится с мочой. Через сутки только в ЖКТ и коже сохраняются следы радионуклида. С мочой за 4 ч. выводится 92 % $^{183,184}\text{Re}$. Так же быстро протекают процессы обмена введенной в/б рениевой кислоты ^{186}Re . Величина резорбции радионуклида из ЖКТ равна 0,8 [2]. Из крови фракции 0,04; 0,1 и 0,03 депонируются в щитовидной железе, стенках желудка и печени. Остальная часть радионуклида распределяется равномерно по органам и тканям. Из органов и тканей, кроме щитовидной железы, фракции 0,75; 0,20 и 0,05 выводятся с T_b , равным 1,6; 3,7 и 22 сут. соответственно.

Таблица 2

**Минимально значимые удельная активность (МЗУА)
и активность в помещении или на рабочем месте (МЗА)
радиоизотопов рения [НРБ-99]**

Радио- нуклид	МЗУА, Бк/г	МЗА, Бк	Группа радиационной безопасности
^{186}Re	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^6$	В
^{188}Re	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^5$	Б

Таблица 1

Ядерно-физические свойства основных радиоактивных изотопов рения

Радио- нуклид	$T_{1/2}$	Тип распада	Средняя энергия излучения, МэВ/(Бк·с)		Дочерний радио- нуклид (выход)
			характери- стическое, γ - и аннигиля- ционное излучение	β -излучение, конвер- сионные электроны и электроны Оже	
^{177}Re	14 мин.	$3\text{Э}, \beta^+$	$6,19 \cdot 10^{-1}$	$3,56 \cdot 10^{-1}$	^{177}W радиоакт.
^{178}Re	13,2 мин.	$3\text{Э}, \beta^+$	1,21	$5,73 \cdot 10^{-1}$	^{178}W радиоакт.
^{180}Re	2,43 мин.	$3\text{Э}, \beta^+$	1,18	$1,55 \cdot 10^{-1}$	^{180}W радиоакт.
^{181}Re	20 ч.	$3\text{Э}, \beta^+$	$7,61 \cdot 10^{-1}$	$1,29 \cdot 10^{-1}$	^{181}W радиоакт.
^{182}Re	12,7 ч.	$3\text{Э}, \beta^+$	1,16	$8,55 \cdot 10^{-1}$	^{182}W стаб.
^{182}Re	64 ч.	3Э	1,81	$1,88 \cdot 10^{-1}$	^{182}W стаб.
^{184m}Re	165 сут.	$3\text{Э}, \text{ИП}$	$3,87 \cdot 10^{-1}$	$1,39 \cdot 10^{-1}$	^{184}W стаб. ($2,53 \cdot 10^{-1}$), ^{184}Re радиоакт. ($7,47 \cdot 10^{-1}$)
^{184}Re	38 сут.	3Э	$8,89 \cdot 10^{-1}$	$5,59 \cdot 10^{-2}$	^{184}W стаб.
^{186m}Re	$2,0 \cdot 10^5$ лет	ИП	$1,93 \cdot 10^{-2}$	$1,24 \cdot 10^{-1}$	^{186}Re радиоакт.
^{186}Re	90,64 ч.	$3\text{Э}, \beta^-$	$2,05 \cdot 10^{-2}$	$3,43 \cdot 10^{-1}$	^{186}W стаб. ($6,00 \cdot 10^{-2}$), ^{186}Os стаб. ($9,40 \cdot 10^{-1}$)
^{187}Re	$5,0 \cdot 10^{10}$ лет	β^-	—	$6,60 \cdot 10^{-4}$	^{187}Os стаб.
^{188m}Re	18,6 мин.	ИП	$8,02 \cdot 10^{-2}$	$9,75 \cdot 10^{-2}$	^{188}Re радиоакт.
^{188}Re	16,98 ч.	β^-	$5,73 \cdot 10^{-2}$	$7,78 \cdot 10^{-1}$	^{188}Os стаб.
^{189}Re	24,3 ч.	β^-	$6,94 \cdot 10^{-2}$	$3,33 \cdot 10^{-1}$	^{189}Os стаб. ($7,59 \cdot 10^{-1}$), ^{189m}Os радиоакт. ($2,41 \cdot 10^{-1}$)

Примечание:

 3Э — захват электрона; ИП — изомерный переход; β^- — электронный распад; β^+ — позитронный распад.

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 (ДОА) в воздухе для персонала радиоизотопов рения [НРБ-99]

Радио- нуклид	Период полу- распада, $T_{1/2}$	Тип соеди- нения при инга- ляции*	Дозовый коэф- фициент $\epsilon_{нас}^{возд}$, Зв/Бк	Предел годового поступ- ления ПГП _{перс} , Бк/год	Допустимая средне- годовая активность ДОА _{перс} , Бк/м ³
¹⁷⁷ Re	0,233 ч.	Б	$1,0 \cdot 10^{-11}$	$2,0 \cdot 10^9$	$8,0 \cdot 10^5$
		П	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$1,4 \cdot 10^9$	$5,7 \cdot 10^5$
¹⁷⁸ Re	0,220 ч.	Б	$1,11 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^9$	$7,3 \cdot 10^5$
		П	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$1,3 \cdot 10^9$	$5,3 \cdot 10^5$
¹⁸¹ Re	20,0 ч.	Б	$1,9 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^8$	$4,2 \cdot 10^4$
		П	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$8,0 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^4$
¹⁸² Re	2,67 сут.	Б	$6,8 \cdot 10^{-10}$	$2,9 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^4$
		П	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$1,5 \cdot 10^7$	$6,2 \cdot 10^3$
^{182m} Re	12,7 ч.	Б	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^8$	$5,3 \cdot 10^4$
		П	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$1,0 \cdot 10^8$	$4,0 \cdot 10^4$
¹⁸⁴ Re	38,0 сут.	Б	$4,6 \cdot 10^{-10}$	$4,3 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^4$
		П	$1,8 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^3$
^{184m} Re	165 сут.	Б	$6,1 \cdot 10^{-9}$	$3,3 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^4$
		П	$6,1 \cdot 10^{-10}$	$3,3 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^3$
¹⁸⁶ Re	3,78 сут.	Б	$5,3 \cdot 10^{-10}$	$3,8 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^4$
		П	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$1,8 \cdot 10^7$	$7,3 \cdot 10^3$
^{186m} Re	$2,0 \cdot 10^5$ лет	Б	$8,5 \cdot 10^{-10}$	$2,4 \cdot 10^7$	$9,4 \cdot 10^3$
		П	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^6$	$7,3 \cdot 10^2$
¹⁸⁸ Re	17,0 ч.	Б	$4,7 \cdot 10^{-10}$	$4,3 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^4$
		П	$5,5 \cdot 10^{-10}$	$3,6 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^4$
^{188m} Re	0,310 ч.	Б	$1,0 \cdot 10^{-11}$	$2,0 \cdot 10^9$	$8,0 \cdot 10^5$
		П	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$1,4 \cdot 10^9$	$5,7 \cdot 10^5$
¹⁸⁹ Re	1,01 сут.	Б	$2,7 \cdot 10^{-10}$	$7,4 \cdot 10^7$	$3,0 \cdot 10^4$
		П	$4,3 \cdot 10^{-10}$	$4,7 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^4$

* Примечание:

К типу "П" относятся оксиды, гидроксиды, галогениды, нитраты рения.

К типу "Б" относятся иные соединения.

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 радиоизотопов технеция [НРБ-99]

Радионуклид	Период распада, $T_{1/2}$	Поступление с воздухом				Поступление с водой и пищей			
		Критическая группа*	Дозовый коэффициент,	Предел годового поступления,	Допустимая средняя годовая объёмная активность,	Критическая группа*	Дозовый коэффициент	Предел годового поступления,	Уровень вмешательства
		КГ	$\epsilon_{\text{нас}}^{\text{возд}}$, Зв/Бк	ПГП _{нас} ^{возд} , Бк/год	ДООА _{нас} , Бк/м ³	КГ	$\epsilon_{\text{нас}}^{\text{возд}}$, Зв/Бк	ПГП _{нас} ^{возд} , Бк/год	УВ _{вода} , Бк/кг
¹⁸² Re	2,67 сут.	2	$6,3 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^5$	$8,4 \cdot 10^1$	2	$8,9 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^5$	$9,9 \cdot 10^1$
¹⁸⁴ Re	38,0 сут.	5	$2,4 \cdot 10^{-9}$	$4,2 \cdot 10^5$	$5,7 \cdot 10^1$	2	$5,6 \cdot 10^{-9}$	$1,8 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^2$
^{184m} Re	165 сут.	5	$8,1 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^1$	2	$9,8 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^5$	$9,3 \cdot 10^1$
¹⁸⁶ Re	3,78 сут.	2	$5,7 \cdot 10^{-9}$	$1,8 \cdot 10^5$	$9,2 \cdot 10^1$	2	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$9,1 \cdot 10^4$	$9,3 \cdot 10^1$
^{186m} Re	$2,0 \cdot 10^5$ лет	5	$1,4 \cdot 10^{-8}$	$7,1 \cdot 10^4$	9,8	2	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$6,3 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^1$
¹⁸⁹ Re	1,01 сут.	2	$2,6 \cdot 10^{-9}$	$3,8 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^2$	2	$6,2 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^2$

* 2 — дети в возрасте 1–2 года, 4 — дети в возрасте 7–12 лет.

Методы определения. В организме заражение радиоактивными изотопами рения диагностируется по β -излучению от биосубстратов (кровь, моча, кал, мокрота) и γ -излучению от щитовидной железы.

Меры профилактики. При работе с радиоактивными изотопами рения необходимо соблюдать санитарные правила и нормы радиационной безопасности с применением специальных мер защиты в соответствии с классом работ [2].

Неотложная помощь. Дезактивация загрязнённой кожи. При поступлении радионуклида в организм — рвотные средства (апоморфин 1 % — 0,5 мл подкожно) или промывание желудка. Внутрь йодид натрия 0,2 г, сайодин 0,5 г, тиреостатические препараты (6-метилтиоурацил 0,25 г, мерказолил 0,01 г, перхлорат калия 0,25 г). Обильное питье. Мочегонные (гипотиазид 0,2 г, фонурит 0,25 г). Очистительные клизмы [3].

Список литературы

- [1] *“Пределы поступления радионуклидов для работающих с ионизирующим излучением.”* Публикация N 30 МКРЗ. Ч. 1. — М.: Энергоатомиздат, 1982. — 135 с.
- [2] *“Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы.”* — М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999, 116 с.
- [3] Борисов В. П. и др. *“Неотложная помощь при острых радиационных воздействиях.”* — М.: Атомиздат, 1976 — 208 с.