

# Лабораторная работа № 1 по радиационной экологии «Закон радиоактивного распада»

Основные формулы:

1.  $N = N_0 e^{-\lambda t}$
2.  $\lambda = \frac{dN/N}{dt} \left[ \frac{1}{c} \right]$
3.  $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \approx \frac{0,693}{\lambda}$
4.  $A = \lambda N \left[ \frac{1}{c} \right] = [\text{Бк}]$
5.  $A = A_0 e^{-\lambda t}$
6.  $m = k A_m T_{1/2} A$
7.  $k = 2,07 \cdot 10^{-19} \left[ \frac{\text{г}}{\text{сут} \cdot \text{Бк}} \right]$
8.  $A = \frac{m}{k A_m T_{1/2}}$
9.  $A_{\Sigma} = \sum A_i$
10.  $\Phi = A_S S [\text{Бк} \cdot \text{м}^2]$
11.  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$

Примеры решения задач

## Задача 1

Дано. Начальная активность  $A$  кобальта-60 составляла  $10^9$  Бк. Рассчитать активность  $A$  этого вещества через 5 лет.

Решение.

1. Находим период полураспада кобальта-60. Он составляет 5,27 года.
2. Определяем активность этого вещества через 5 лет.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{5,27[\text{лет}]} \approx 0,132 \left[ \frac{1}{\text{лет}} \right]$$

$$A = 10^9 [\text{Бк}] e^{-0,132 \left[ \frac{1}{\text{лет}} \right] \cdot 5[\text{лет}]} \approx 5,12 \cdot 10^8 [\text{Бк}]$$

## Задача 2.

Дано. Определить активность пробы, содержащей изотопы рутения-103 ( $^{103}\text{Ru}$ ) и рутения-106 ( $^{106}\text{Ru}$ ), массой 32,6 и 120 граммов, соответственно.

Решение.

1. Находим периоды полураспада рутения-103 и 106. Они составляют 39,3 и 365 сут. соответственно.
2. Определяем активность рутения-103 и 106:

$$A_{^{103}\text{Ru}} = \frac{m_{^{103}\text{Ru}}}{k A_m T_{1/2}^{^{103}\text{Ru}}} = \frac{32,6}{2,07 \cdot 10^{-19} \cdot 103 \cdot 39,3} \approx 3,89 \cdot 10^{16}$$

$$A_{^{106}\text{Ru}} = \frac{m_{^{106}\text{Ru}}}{k A_m T_{1/2}^{^{106}\text{Ru}}} = \frac{120}{2,07 \cdot 10^{-19} \cdot 106 \cdot 365} \approx 1,50 \cdot 10^{16}$$

3. Активность пробы определяется из соотношения

$$A_{\text{пр}} = A_{^{103}\text{Ru}} + A_{^{106}\text{Ru}} = (3,89 + 1,50) 10^{16} = 5,39 \cdot 10^{16} (\text{Бк})$$

### Задача 3.

Дано. Поверхностная активность загрязнённой местности  $A_s$  составляет  $40 \text{ Ки/км}^2$ . Определить плотность потока частиц  $\Phi$  на площади  $1 \text{ см}^2$ .

#### Решение.

Плотность потока частиц оценивается выражением:

$$\Phi = 40 \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \cdot (1 \cdot 10^{-5})^2 \approx 156 \text{ (Бк/см}^2\text{)}$$

### Задача 4.

Дано. Начальная активность радия-226 ( $^{226}\text{Ra}$ ) составляет  $10^{12}$  Бк. Рассчитать число радиоактивных ядер этого вещества через 1000 лет.

#### Решение.

1. Находим период полураспада радия-226. Он составляет 1600 лет.
2. Определяем активность радия через 1000 лет по формуле:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{1600 \text{ [лет]}} \approx 4,33 \cdot 10^{-4} \left[ \frac{1}{\text{лет}} \right]$$

$$A = 10^{12} \text{ [Бк]} \cdot e^{-4,33 \cdot 10^{-4} \left[ \frac{1}{\text{лет}} \right] \cdot 1000 \text{ [лет]}} \approx 6,48 \cdot 10^{11} \text{ [Бк]}$$

3. Рассчитываем число радиоактивных ядер из выражения:

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{6,48 \cdot 10^{11} \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{4,33 \cdot 10^{-4}} \approx 4,72 \cdot 10^{22} \text{ (ядер)}$$

### Характеристики некоторых радиоактивных веществ

№	Вещество	$\Gamma_{\delta}$ $\left[ \frac{\text{Гр} \cdot \text{м}^2}{\text{Бк} \cdot \text{с}} 10^{-18} \right]$	$K_{\gamma}$ $\left[ \frac{\text{Р} \cdot \text{см}^2}{\text{мКи} \cdot \text{ч}} \right]$	$B_{\text{с}\gamma}$ $\left[ \frac{\text{Зв} \cdot \text{м}^2}{\text{Бк} \cdot \text{с}} \right]$	$T_{1/2}$
1	Аргон-41 ( $^{41}\text{Ar}$ )	43,09	6,6		1,8 ч
2	Бром-82 ( $^{82}\text{Br}$ )	87,3	14,5		35,3 ч
3	Европий-154 ( $^{154}\text{Eu}$ )	43,04	5,02		16 лет
4	Йод-131 ( $^{131}\text{I}$ )	14,2	2,15	$1,93 \cdot 10^{-16}$	8,04 сут.
5	Калий-40 ( $^{40}\text{K}$ )				30 лет
6	Кобальт-60 ( $^{60}\text{Co}$ )	84,63	12,93	$1,15 \cdot 10^{-15}$	5,3 года
7	Лантан-140 ( $^{140}\text{La}$ )	75,6	11,14		40,2 ч
8	Марганец-52 ( $^{52}\text{Mn}$ )	118,3	18,03		271 сут.
9	Марганец-56 ( $^{56}\text{Mn}$ )	55,8	2,28		2,6 ч
10	Медь-64 ( $^{64}\text{Cu}$ )	7,42	1,12		12,7 ч
11	Мышьяк-74 ( $^{74}\text{As}$ )	16,74	4,43		26 ч
12	Натрий-22 ( $^{22}\text{Na}$ )	78,02	11,9		2,6 года
13	Натрий-24 ( $^{24}\text{Na}$ )	119,4	18,55		15,005 ч
14	Плутоний-239 ( $^{239}\text{Pu}$ )			$3,73 \cdot 10^{-20}$	24 300 лет
15	Полоний-210 ( $^{210}\text{Po}$ )				138,4 сут.
16	Прометий-145 ( $^{145}\text{Pm}$ )				2,6 года
17	Радий-226 ( $^{226}\text{Ra}$ )				1600 лет

№	Вещество	$\Gamma_{\delta}$	$K_{\gamma}$	$B_{c\gamma}$	$T_{1/2}$
		$\left[ \frac{\text{Гр} \cdot \text{м}^2}{\text{Бк} \cdot \text{с}} 10^{-18} \right]$	$\left[ \frac{\text{Р} \cdot \text{см}^2}{\text{мКи} \cdot \text{ч}} \right]$	$\left[ \frac{\text{Зв} \cdot \text{м}^2}{\text{Бк} \cdot \text{с}} \right]$	
18	Ртуть-203 ( $^{203}\text{Hg}$ )				46,8 сут.
19	Рутений-103 ( $^{103}\text{Ru}$ )			$2,68 \cdot 10^{-16}$	39,3 сут.
20	Рутений-106 ( $^{106}\text{Ru}$ )	7,58	1,54	$1,03 \cdot 10^{-16}$	1 год
21	Стронций-90 ( $^{90}\text{Sr}$ )				29,12 года
22	Таллий-204 ( $^{204}\text{Tl}$ )				3,6 года
23	Цезий-134 ( $^{134}\text{Cs}$ )	57,44	8,6	$7,83 \cdot 10^{-16}$	2,06 года
24	Цезий-137 ( $^{137}\text{Cs}$ )	21,33	3,24	$2,91 \cdot 10^{-16}$	30 лет
25	Цинк-65 ( $^{65}\text{Zn}$ )				244 сут.

## Задачи для самостоятельной работы

### Задача 1.

Дано. Начальная активность вещества  $M$  составляет  $A_0$ , Бк. Рассчитать активность этого вещества через  $t$  лет. Исходные данные для расчёта приведены в таблице.

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество $M$	Цезий $^{134}\text{Cs}$	Радий $^{226}\text{Ra}$	Европий $^{154}\text{Eu}$	Калий $^{40}\text{K}$	Стронций $^{90}\text{Sr}$	Цезий $^{137}\text{Cs}$
$A_0$ , Бк	$10^{10}$	$10^9$	$10^8$	$10^7$	$10^6$	$10^{11}$
Время $t$ , лет	0,5	1400	12	25	20	27

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество $M$	Натрий $^{22}\text{Na}$	Плутоний $^{239}\text{Pu}$	Радий $^{226}\text{Ra}$	Рутений $^{106}\text{Ru}$	Таллий $^{204}\text{Tl}$	Цинк $^{65}\text{Zn}$
$A_0$ , Бк	$10^5$	$10^6$	$10^8$	$10^{12}$	$10^{11}$	$10^9$
Время $t$ , лет	1,5	15000	1200	0,5	2,5	0,4

### Задача 2.

Дано. Рассчитать активность пробы  $A_{\text{пр}}$ , содержащей изотопы веществ  $M_1$  и  $M_2$ , массой  $m_1$  и  $m_2$  граммов, соответственно. Исходные данные для расчёта приведены в таблице.

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество $M_1$	Бром $^{82}\text{Br}$	Лантан $^{140}\text{La}$	Цинк $^{65}\text{Zn}$	Йод $^{131}\text{I}$	Марганец $^{52}\text{Mn}$	Полоний $^{210}\text{Po}$
Масса $m_1$ , г	25,2	30,5	125	40,5	115	212
Вещество $M_2$	Йод $^{131}\text{I}$	Полоний $^{210}\text{Po}$	Марганец $^{52}\text{Mn}$	Рутений $^{103}\text{Ru}$	Полоний $^{210}\text{Po}$	Бром $^{82}\text{Br}$
Масса $m_2$ , г	50,5	895	170	85,6	205	2,6

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Вещество $M_1$	Мышьяк $^{74}\text{As}$	Рутений $^{103}\text{Ru}$	Медь $^{64}\text{Cu}$	Бром $^{82}\text{Br}$	Йод $^{131}\text{I}$	Полоний $^{210}\text{Po}$
Масса $m_1$ , г	25,3	35,4	150	16,5	41,3	12,8
Вещество $M_2$	Лантан $^{140}\text{La}$	Полоний $^{210}\text{Po}$	Рутений $^{106}\text{Ru}$	Рутений $^{103}\text{Ru}$	Полоний $^{210}\text{Po}$	Цинк $^{65}\text{Zn}$
Масса $m_2$ , г	60,5	4,2	695	8,7	758	694

### Задача 3.

Дано. Поверхностная активность загрязнённой местности составляет  $A_s$ , Ки/км<sup>2</sup>. Рассчитать плотность потока частиц  $\Phi$  на площади  $S$ . Исходные данные для расчёта приведены в таблице.

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
$A_s$ , Ки/км <sup>2</sup>	40	20	10	5	15	80
$S$ , см <sup>2</sup>	1	5	100	40	10000	800

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
$A_s$ , Ки/км <sup>2</sup>	60	5	45	12	28	90
$S$ , см <sup>2</sup>	150	800	20	60	2000	4000

### Задача 4.

Дано. Начальная активность вещества  $M$  составляет  $A_0$ , Бк. Рассчитать число радиоактивных ядер этого вещества через  $t$  лет. Исходные данные для расчёта приведены в таблице.

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Вещество $M$	Прометий $^{145}\text{Pm}$	Рутений $^{106}\text{Ru}$	Натрий $^{22}\text{Na}$	Плутоний $^{239}\text{Pu}$	Европий $^{154}\text{Eu}$	Цезий $^{137}\text{Cs}$
$A_0$ , Бк	$10^8$	$10^7$	$10^9$	$10^6$	$10^7$	$10^8$
Время $t$ , лет	2,0	0,5	1,6	22500	8,5	20

Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Вещество $M$	Кобальт $^{60}\text{Co}$	Стронций $^{90}\text{Sr}$	Цинк $^{65}\text{Zn}$	Таллий $^{204}\text{Tl}$	Калий $^{40}\text{K}$	Цезий $^{134}\text{Cs}$
$A_0$ , Бк	$10^6$	$10^8$	$10^6$	$10^8$	$10^7$	$10^9$
Время $t$ , лет	2,6	10,5	0,3	2,5	25	1,5