



РОСАТОМ



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ -
ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени А.М. Лейпунского
ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Период потенциальной опасности – критерий приемлемости при выборе способа обращения с радиоактивными отходами

Долгих Вероника Павловна

Москва

21.11.2017

Период потенциальной опасности РАО

- срок, в течение которого уровни радиоактивности РАО снижаются до показателей, при которых не требуется радиационный контроль.

В качестве показателей используют разные нормирующие величины:

- Удельная активность техногенных радионуклидов, при которой не вводятся никакие ограничения по радиационной безопасности на использование в хозяйственной деятельности - **приложение 3 ОСПОРБ-99/2010** (для нескольких техногенных радионуклидов - при сумме отношений удельных активностей техногенных радионуклидов к значениям, приведенным для них в приложении 3 к ОСПОРБ-99/2010, менее 1).

- Предельные значения удельной активности радионуклидов (ПЗУА), ниже которой РАО принципиально перестают быть таковыми. Для смеси радионуклидов отношений максимальных удельных активностей радионуклидов ($У_{Ai}(T)$) в отходах к их предельным значениям ($ПЗУ_{Ai}$) не превышает **1(ОСПОРБ-99/2010 приложение 5)**.



Скорость изменения активности зависит от соотношения периодов полураспада

- **Вековое равновесие.** Период полураспада материнского радионуклида несравнимо больше дочернего. $^{243}\text{Am} \rightarrow ^{239}\text{Np}$, $^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137\text{m}}\text{Ba}$, $^{237}\text{Np} \rightarrow ^{233}\text{Pa}$, $^{106}\text{Ru} \rightarrow ^{106}\text{Rh}$, и др.
- **Подвижное равновесие.** Период полураспада материнского радионуклида соизмерим или несколько больше периода полураспада дочернего. $^{234}\text{U} \rightarrow ^{230}\text{Th}$; $^{228}\text{Ra} \rightarrow ^{228}\text{Th}$ и др.
- **Равновесие не наступает.** Период полураспада материнского радионуклида меньше, чем у дочернего радионуклида. $^{236}\text{Pu} \rightarrow ^{232}\text{U}$; $^{241}\text{Pu} \rightarrow ^{241}\text{Am}$; $^{238}\text{Pu} \rightarrow ^{234}\text{U}$ и др.

Подвижное равновесие

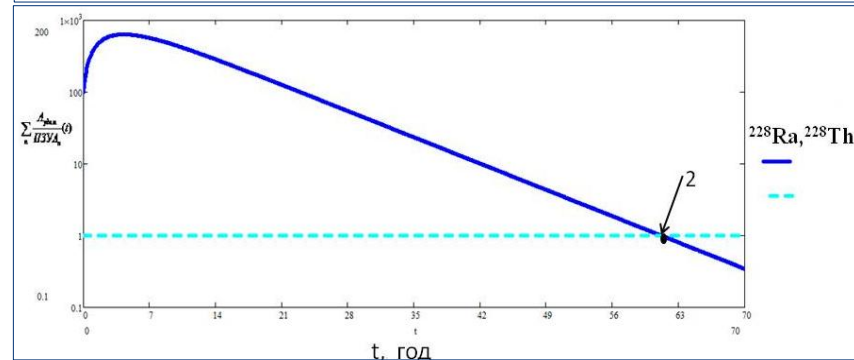
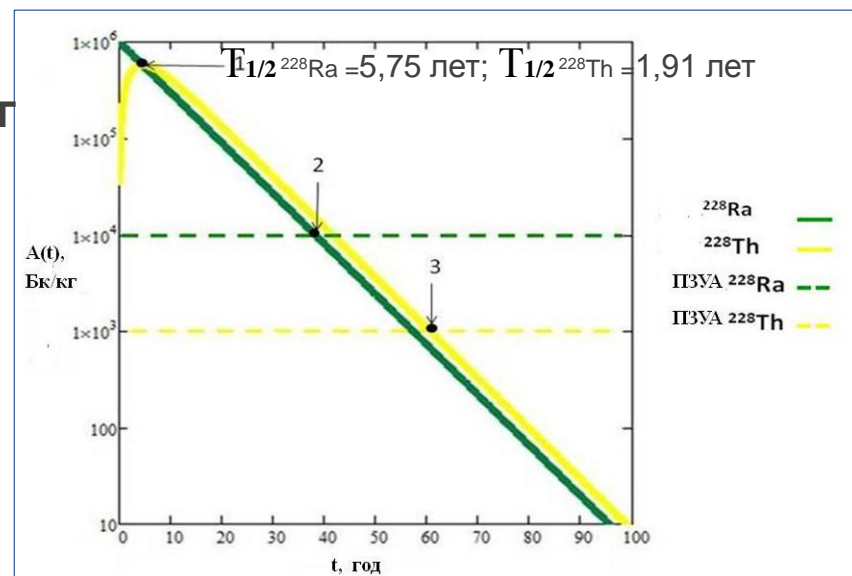
Изменение удельной активности материнского и дочернего радионуклидов в процессе хранения в цепочке распада $^{228}\text{Ra} \rightarrow ^{228}\text{Th}$:

- Исходная активность ^{228}Ra - $1,0 \times 10^6$ Бк/кг (САО, 3 класс):

Точка 1. Устанавливается равновесие, через 4,5 лет;

Точка 2. Через 38 лет активность ^{228}Ra - ПЗУА;

Точка 3. Через 60 лет активность ^{228}Th - ПЗУА.



Равновесие не наступает

Изменение удельной активности материнского и дочернего радионуклидов в процессе хранения в цепочке распада $^{236}\text{Pu} \rightarrow ^{232}\text{U}$

- Активность ^{236}Pu - $1,0 \times 10^5$ Бк/кг (ОНАО, 4 класса):

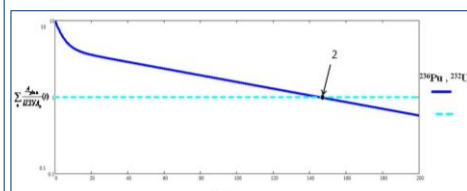
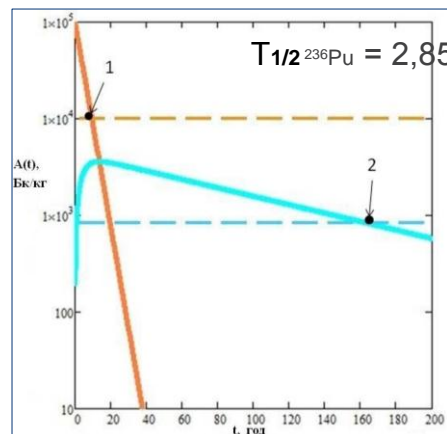
Точка 1. Через 9,5 лет активность ^{236}Pu - ПЗУА, (активность ^{232}U $3,49 \times 10^3$ Бк/кг (ОНАО, 4класс))

Точка 2. Через 150 лет активность ^{232}U – ПЗУА.

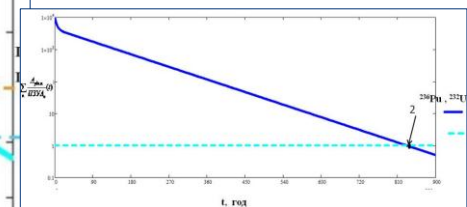
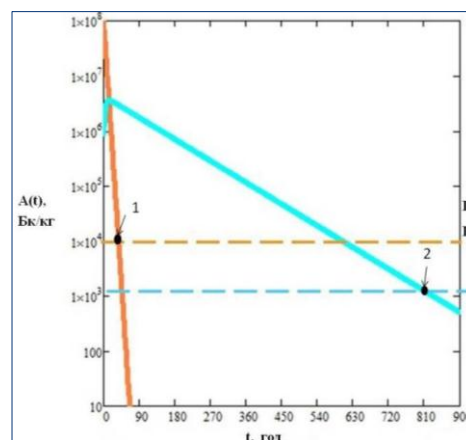
- Активность ^{236}Pu - $1,0 \times 10^8$ Бк/кг (САО, 3 класса):

Точка 1. Через 38 лет активность ^{236}Pu - ПЗУА, (активность ^{232}U $1,45 \times 10^6$ Бк/кг (САО, 2 класса)).

Точка 2. Через 830 лет активность ^{232}U – ПЗУА.



^{236}Pu — —
 ^{232}U — —
ПЗУА ^{236}Pu — —
ПЗУА ^{232}U — —



Равновесие не наступает. Переход отходов в категорию РАО

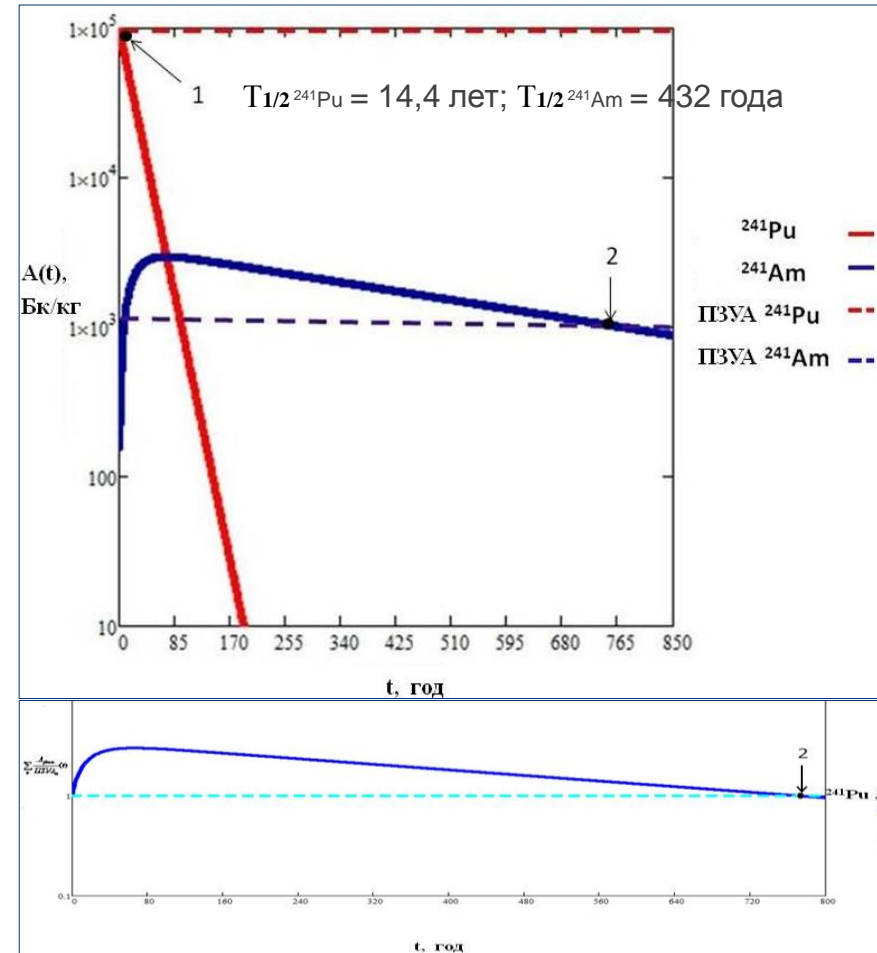
Изменение удельной активности материнского и дочернего радионуклидов в процессе хранения в цепочках распада $^{241}\text{Pu} \rightarrow ^{241}\text{Am}$

Точка 1. Исходная активность ^{241}Pu - $1,0 \times 10^5$ Бк/кг. **Отходы не являются РАО;**

Через 8 лет активность $^{241}\text{Am} >$ ПЗУА
Отходы переходят в категорию РАО;

Через 65 лет активность ^{241}Am достигает своего максимума - $1,4 \times 10^3$ Бк/кг (ОНАО, 4 класс).

Точка 2. Через **771** лет активность ^{241}Am равна ПЗУА



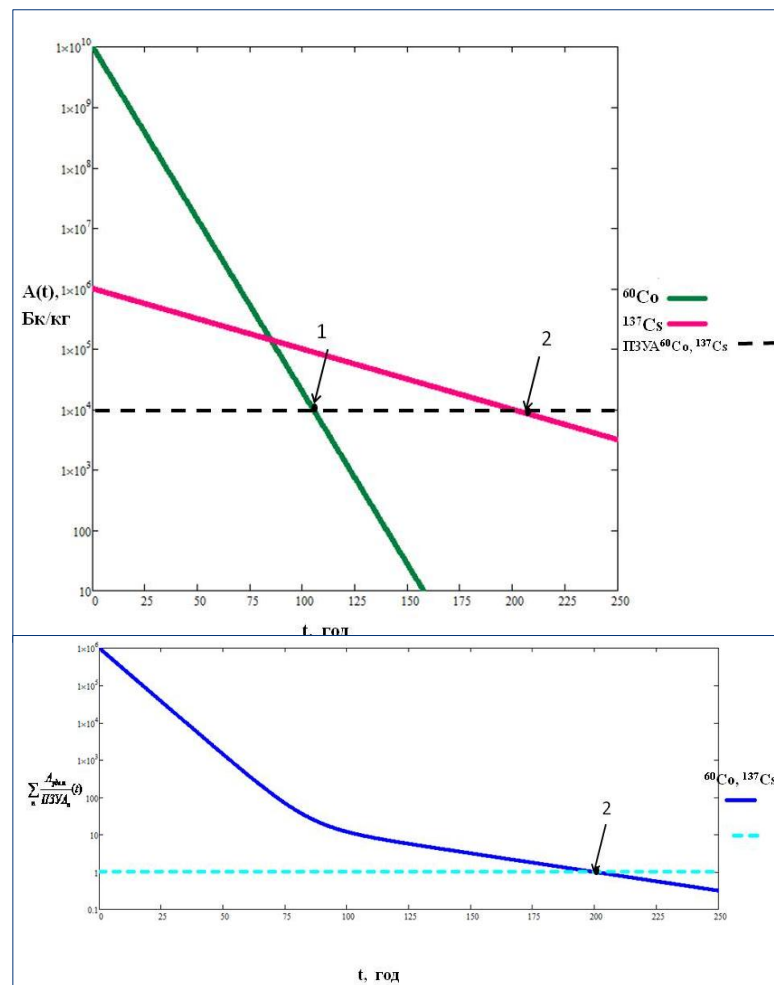
Период потенциальной опасности для нескольких радионуклидов

Изменение удельной активности радионуклидов ^{60}Co , ^{137}Cs в процессе хранения

Активность ^{60}Co - $1,0 \times 10^{10}$ Бк/кг (САО, 3 класс), ^{137}Cs - $1,0 \times 10^6$ Бк/кг (ОНАО, 4 класс):

Точка 1. Через 105 лет активность ^{60}Co - ПЗУА

Точка 2. Через 200 лет активность ^{137}Cs - ПЗУА



Периоды потенциальной опасности РАО в зависимости от класса и категории

Радионуклид			ОНАО			НАО			САО		
Символ	$T_{1/2}$, лет	МЗУА, Бк/кг	Класс	A, Бк/кг	$T_{\text{пмо}}$, лет	Класс	A, Бк/кг	$T_{\text{пмо}}$, лет	Класс	A, Бк/кг	$T_{\text{пмо}}$, лет
^{60}Co	5,27	10^4	4	10^6	35	4	10^7	53	3	10^{10}	105
^{137}Cs	30,1	10^4	4	10^6	200	4	10^7	300	3	10^{10}	600
^{236}Pu	↓ 2,85	10^4	—	10^4	—	4	10^5	9,5 ↓	3 ↓	10^8	38 ↓
^{232}U	↓ 68,5	10^3	—	10^5	—	4	10^6	150 ↓	2 ↓	10^9	830 ↓
^3H	12,2	10^9	4	10^{10}	41	4	10^{11}	81	3	10^{14}	203
^{238}Pu	↓ 87,7	10^3	4	10^4	291	3	10^5	583 ↓	2 ↓	10^8	$1,5 \times 10^3$ ↓
^{234}U	↓ $2,4 \times 10^5$	10^4	—	10^5	—	—	10^6	— ↓	2 ↓	10^9	7×10^3 ↓
^{239}Pu	$2,4 \times 10^4$	10^3	4	10^4	$8,0 \times 10^4$	3	10^5	$1,6 \times 10^5$	2	10^8	$4,0 \times 10^5$
^{226}Ra	$1,6 \times 10^3$	10^4	4	10^5	$5,3 \times 10^3$	3	10^6	$1,1 \times 10^4$	2	10^9	$2,7 \times 10^4$
^{228}Ra	↓ 5,75	10^4	4	10^5	19 ↓	4	10^6	38 ↓	3 ↓	10^9	95 ↓
^{228}Th	↓ 1,91	10^3	4	10^5	41 ↓	4	10^6	60 ↓	3 ↓	10^9	117 ↓
^{90}Sr	28,6	10^5	4	10^6	95	4	10^7	190	3	10^{10}	475
^{192}Ir	0,20	10^4	4	10^6	1,33	4	10^7	2	3	10^{10}	4
^{125}I	0,16	10^4	4	10^6	1,10	4	10^7	1,6	3	10^{10}	3,30
^{241}Pu	↓ 14,4	10^5	—	10^4	—	* ↓	10^5	* ↓	3 ↓	10^8	143 ↓
^{241}Am	↓ $4,3 \times 10^2$	10^3	—	10^4	—	4 ↓	10^5	771 ↓	2 ↓	10^8	$4,9 \times 10^3$ ↓

* – не являются РАО, но затем переходят в категории РАО за счет накопления дочернего радионуклида;
Прочерк – не являются РАО.

Периоды потенциальной опасности для разных способов захоронения РАО

Способ захоронения	Класс РАО	Категория по удельной активности	Тппо, год	
			от	до
Захоронение в пунктах глубинного захоронения	2	САО (Т1/2 > 31 год)	4,9 тыс.	400 тыс.
Захоронение в пунктах приповерхностного захоронения, размещаемых на глубине до 100 метров	3	САО (Т1/2 < 31 год)	3,3	5,4 тыс.
		НАО (Т1/2 > 31 год)	583	160 тыс.
Захоронение в пунктах приповерхностного захоронения, размещаемых на одном уровне с поверхностью земли	4	НАО (Т1/2 < 31 год),	1,6	300
		ОНАО	1,1	80 тыс.

Принятие решения о выводе из-под регулирующего контроля ПХ

Данные в СГУК заносятся в закодированном виде, 6-ой символ: период потенциальной опасности

- Исследования по выбору реперных сроков 100 и 500 лет не проводились
- Закодированный вид данных не позволяет прогнозировать изменение радиационных характеристик РАО в процессе хранения

Таблица 6. Код РАО

№ символа	Идентификатор	Значение символа	Пояснения
5	Период полураспада		
	1	долгоживущие (период полураспада более 31 лет)	При выборе идентификатора для РАО, содержащих различные радионуклиды (с разными периодами полураспада), выбирается значение идентификатора, соответствующее периоду полураспада тех радионуклидов, которые определяют период потенциальной опасности РАО.
	2	короткоживущие (период полураспада 31 лет и менее)	

87

№ символа	Идентификатор	Значение символа	Пояснения
6	Период потенциальной опасности РАО- срок, в течение которого уровни радиоактивности радиоактивных отходов снижаются до показателей, при которых не требуется радиационный контроль		
	0	не определен	При выборе этого варианта в примечании необходимо указать причины невозможности определения периода потенциальной опасности.
	1	менее 100 лет	
	2	от 100 до 500 лет	
	3	более 500 лет	
7	Способ переработки		
	0	не подвергавшиеся переработке способами, перечисленными ниже	
	1	спрессованные (компактированные)	Для идентификаторов 1-9 в качестве типа РАО указывается тип РАО, поступивших на переработку.
	2	битумированные	
	3	цементированные	
4	остеклованные		
9	омоноличесные (отвержденные) другим способом	При выборе этого варианта в примечании необходимо указать способ переработки.	



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Использование периода потенциальной опасности в качестве одного из критериев определяющих способ обращения с радиоактивными отходами, которые будут ориентированы на срок необходимой изоляции РАО, позволит снизить бремя на будущие поколения при обращении с РАО.

Особенно это актуально для 3, 4 классов РАО.

Контактная информация

Долгих Вероника Павловна,
научный сотрудник по анализу
обращения с ОЯТ и РАО

Лаборатория защиты, радиационной
безопасности и физических аспектов
топливных циклов на быстрых нейтронах
АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»

+7 (48439) 9-47-78

vdolgikh@ippe.ru

www.ippe.ru