

І. П. Дрозд, О. А. Сова, А. І. Липська

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ*МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНОГО ВИКИДУ ^{131}I . ПРОЦЕСИ ДОЗООТВОРЕННЯ

Досліджували особливості накопичення ^{131}I та дозоутворення в організмі лабораторних щурів за умов моделювання тривалого надходження ізотопу внаслідок аварійного «залпового» викиду ізотопу в довкілля. Оптимізовано функцію зміни маси щитоподібної залози (ЩЗ) унаслідок накопичення в органі поглиненої дози. Установлено граничну поглинену дозу, за якої ЩЗ перестає функціонувати й відбувається майже повна деструкція тироїдної тканини. Оцінено залишкову масу тканини ЩЗ після радіаційного руйнування органа. Описано особливості процесів дозоутворення в інших органах і тканинах.

Ключові слова: ізотоп ^{131}I , щитоподібна залоза, накопичення йоду, дозоутворення, атиреоз.

Постановка проблеми. Продукти поділу урану - радіоактивні ізотопи йоду - є летучими елементами, тому у випадку розгерметизації ядерного реактора відбувається «залповий» викид їх у довкілля, який припиняється дуже швидко після припинення реакції поділу. Надалі вони випадають з атмосфери на поверхню ґрунту та рослинності, де їхня активність, завдяки коротким періодам напіврозпаду, зменшується фактично відповідно до закону радіоактивного розпаду. Тобто для цих ізотопів зменшення активності за рахунок міграції в ґрунт можна знехтувати. Власне на цьому і базується наш експеримент, метою якого було простежити динаміку накопичення найбільш біологічно значимого ізотопів йоду - ^{131}I в органах і тканинах ссавців за умов руйнування активної зони ядерного реактора. Установивши закономірності накопичення ізотопу, легко можна розраховувати поглинені дози.

Раніше ми досліджували процеси накопичення йоду і дозоутворення за одноразового [1] та тривалого сталого [2] перорального надходження ^{131}I до організму щурів. У результаті було встановлено, що ефективний період напіввиведення йоду із ЩЗ (T_{ef}) є дозозалежний і зростає за ступеневою функцією до досягнення дози 34 ± 2 Гр, а надалі зменшується за експоненційною функцією. Другим змінним дозозалежним параметром є маса ЩЗ: до досягнення дози 34 ± 2 Гр спостерігали гіпертиреоз; надалі – прогресуючий гіпотиреоз, що виникає, очевидно, унаслідок радіаційного руйнування тканини ЩЗ. Третім дозозалежним параметром за тривалого надходження є коефіцієнт переходу ізотопу у ЩЗ. Оціночні значення функцій дозозалежності двох останніх параметрів нами отримані в результаті експерименту зі сталим надходженням, коли щоденно тваринам вводили однакову активність радіойоду [2]. Однак слід зауважити, що достовірний вигляд функції залежності маси ЩЗ від поглине-

ної дози можна отримати, лише провівши експериментальне дослідження в усьому дозовому діапазоні, поки не відбудеться повна деструкція тироїдної тканини, після чого виникає атиреоз. На жаль, проведення такого експерименту можливе лише з дотриманням, у зв'язку з великими активностями на робочому місці, особливих безпекових та технологічних вимог, чого досягти на нашій лабораторній базі виявилось вельми проблематично. Було знайдено компромісний варіант: експериментальне дослідження процесу за прийнятних для нашої лабораторії умов опромінення з подальшою оптимізацією шуканої функції дозозалежності аналітичним методом.

Важливим елементом процесу дозоутворення є врахування додаткового опромінення органів кровотворної та імунної систем радіонуклідами, що депонуються у критичному органі: ЩЗ. Використовували розрахункову модель додаткового опромінення, описану в роботі [3].

Матеріали та методи

Лабораторним щурам лінії Вістар масою 240 ± 30 г упродовж 15 діб щоденно перорально через зонд вводили розчин у дистильованій воді натрію йодиду Na^{131}I . Початкова активність йоду становила 32,33 кБк/тварину. З кожним днем активність ізотопу, що вводили, зменшувалась на величину, зумовлену радіоактивним розпадом. Тварин умертвляли (по 5 на кожну точку) через 1, 2, 3, 8 та 14 діб після початку експерименту з дотриманням вимог ст. 26 Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження». Вміст ізотопу в органах і тканинах визначали γ -спектрометричним методом із застосуванням напівпровідникового германій-літійового детектора ДГДК-60. Статистичну обробку результатів виконували за критеріями Стьюдента та R^2 , використовуючи програмний пакет STATISTICA.

© І. П. Дрозд, О. А. Сова, А. І. Липська, 2015

Поглинену дозу в органі чи тканині розраховували за виразами

$$D(t) = 1,6 \cdot 10^{-13} \cdot N_t \cdot E_{ef} / m, \quad (1)$$

$$N_t = \int_0^t Q(t) dt, \quad (2)$$

де N_t – кількість радіоактивних розпадів в органі

за час, розп; E_{ef} – ефективна енергія для органа при поглинанні ^{131}I , МеВ/розп; m – маса органа, кг; $Q(t)$ – функція зміни активності в органі; $1,6 \cdot 10^{-13}$ – узгоджувальний коефіцієнт, Дж/МеВ.

Результати досліджень

Накопичення ^{131}I в органах і тканинах тварин у процесі експерименту демонструє табл. 1.

Таблиця 1. Накопичення ^{131}I в органах і тканинах щурів за тривалого перорального надходження ізотопу з початковою активністю 32,33 кБк/тварину

Орган	Параметри	Термін після початку введення, доби				
		1	2	3	8	14
ЩЗ	маса, г	0,018±0,003	0,0154±0,0016	0,0138 ± 0,0012	0,0145 ± 0,0011	0,016 ± 0,002
	активність, Бк	6905 ± 700	13264 ± 1120	12378 ± 1200	19373 ± 1450	15754 ± 1380
	питома акт., Бк/г	382019 ± 42400	862845 ± 95900	898584 ± 101050	1334211±194000	978540 ± 177300
М'язова тканина	маса, г	110 ± 12	106 ± 8	101 ± 7	96 ± 6	96 ± 7
	активність, Бк	616 ± 57	840 ± 79	757 ± 74	743 ± 65	657 ± 72
	питома акт., Бк/г	5,57 ± 1,12	7,89 ± 1,17	7,47 ± 2,15	7,74 ± 1,76	6,84 ± 1,94
Кісткова тканина	маса, г	18,57 ± 0,97	18,26 ± 0,88	17,84 ± 0,83	17,46 ± 0,78	17,33 ± 0,47
	активність, Бк	229 ± 19	298 ± 27	201 ± 17	225 ± 21	163 ± 16
	питома акт., Бк/г	12,35 ± 1,64	16,3 ± 2,16	11,29 ± 2,54	12,91 ± 1,73	9,43 ± 2,47
Нирки	маса, г	1,60 ± 0,11	1,46 ± 0,09	1,39 ± 0,09	1,39 ± 0,10	1,46 ± 0,11
	активність, Бк	43,6 ± 5,7	72,0 ± 10,3	53,9 ± 8,2	73,9 ± 9,1	56,5 ± 7,8
	питома акт., Бк/г	27,22 ± 6,07	49,35 ± 10,14	38,65 ± 8,74	53,23 ± 12,95	38,74 ± 7,01
Печінка	маса, г	7,23 ± 1,65	7,67 ± 2,01	7,53 ± 1,87	7,61 ± 2,12	6,26 ± 1,78
	активність, Бк	165 ± 32	318 ± 81	332 ± 6,04	372 ± 7,32	219 ± 4,29
	питома акт., Бк/г	22,80 ± 6,41	41,53 ± 10,13	44,04 ± 12,75	48,85 ± 9,81	35,00 ± 7,84
Легені	маса, г	1,30 ± 0,23	1,25 ± 0,33	1,23 ± 0,29	1,16 ± 0,30	1,23 ± 0,25
	активність, Бк	31,6 ± 6,3	46,3 ± 8,8	38,9 ± 7,9	35,5 ± 6,5	43,3 ± 6,7
	питома акт., Бк/г	24,36 ± 4,97	37,01 ± 7,48	31,52 ± 5,50	30,68 ± 6,75	35,31 ± 7,07
Селезінка	маса, г	1,27 ± 0,19	1,02 ± 0,25	0,96 ± 0,20	1,03 ± 0,18	0,88 ± 0,24
	активність, Бк	16,87 ± 3,24	23,27 ± 4,71	15,72 ± 4,63	20,14 ± 4,17	12,65 ± 2,92
	питома акт., Бк/г	13,33 ± 0,34	22,83 ± 0,55	16,43 ± 4,76	19,54 ± 5,09	14,34 ± 2,88
Сім'яники	маса, г	4,12 ± 0,78	3,75 ± 0,89	3,79 ± 0,97	3,70 ± 0,73	4,10 ± 1,13
	активність, Бк	52,3 ± 11,0	62,2 ± 15,4	61,4 ± 10,84	57,3 ± 13,7	48,8 ± 7,59
	питома акт., Бк/г	12,68 ± 3,12	16,61 ± 3,27	16,22 ± 4,04	15,51 ± 4,51	11,90 ± 3,03
Шкіра	маса, г	75,1 ± 13,2	71,9 ± 9,4	68,6 ± 12,7	65,8 ± 11,7	68,1 ± 17,8
	активність, Бк	6771 ± 2142	8725 ± 2014	8788 ± 1996	9933 ± 2240	9188 ± 1714
	питома акт., Бк/г	90,1 ± 22,6	121,3 ± 30,9	128,2 ± 28,7	151,0 ± 25,9	135,0 ± 27,4
Шлунок	маса, г	1,60 ± 0,31	1,58 ± 0,40	1,61 ± 0,37	1,57 ± 0,32	1,54 ± 0,29
	активність, Бк	175 ± 36	329 ± 83	206 ± 42	91 ± 31	120 ± 25
	питома акт., Бк/г	109,5 ± 28,1	207,4 ± 34,4	128 ± 27,9	57,9 ± 18,5	78,2 ± 16,0
Кишківник	маса, г	7,38 ± 1,47	6,47 ± 1,52	7,35 ± 1,61	5,31 ± 1,62	7,41 ± 1,48
	активність, Бк	143 ± 29	214 ± 42	215 ± 40	147 ± 44	148 ± 31
	питома акт., Бк/г	19,44 ± 5,08	33,12 ± 7,89	29,20 ± 5,41	27,73 ± 8,91	20,02 ± 4,11
Кров	маса*, г	8,67 ± 1,33	8,85 ± 1,52	7,71 ± 1,09	8,41 ± 1,35	8,02 ± 1,13
	активність, Бк	224 ± 34	378 ± 62	308 ± 58	359 ± 64	255 ± 47
	питома акт., Бк/г	25,9 ± 3,9	42,7 ± 6,6	39,9 ± 5,9	42,7 ± 7,2	31,8 ± 3,8
Кістковий мозок	маса*, г	0,0092 ± 0,0018	0,0134 ± 0,0031	0,0110 ± 0,0019	0,0088 ± 0,0027	0,0103 ± 0,0022
	активність, Бк	0,409 ± 0,083	0,480 ± 0,121	0,450 ± 0,098	0,290 ± 0,078	0,320 ± 0,066
	питома акт., Бк/г	44,69 ± 8,06	35,71 ± 8,99	40,80 ± 10,34	32,80 ± 9,10	31,13 ± 6,32
Тимус	маса, г	0,368 ± 0,097	0,312 ± 0,065	0,324 ± 0,071	0,258 ± 0,063	0,253 ± 0,070
	активність, Бк	4,572 ± 0,0873	5,535 ± 0,0788	5,865 ± 1,094	4,629 ± 0,0816	3,194 ± 0,0632
	питома акт., Бк/г	12,41 ± 2,53	17,74 ± 2,71	18,10 ± 3,06	17,92 ± 2,94	12,61 ± 2,88

* Маса наважки.

Найбільший питомий вміст ізотопу спостерігали у ЩЗ, далі (по мірі зменшення) у шкірі (гіподерма) і стінці шлунку; суттєво менший – у крові, нирках, кістковому мозку (КМ), печінці і легенях; найменший – у м'язовій тканині. Кожному органу були притаманні індивідуальні особливості накопичення, водночас можна говорити про деякі загальні закономірності. Так, у більшості органів і тканин на другу добу відбувались перехідні процеси перерозподілу ізотопу, що проявлялись у короткотерміновому порушенні загальних закономірностей накопичення – аномальному збільшенні (у селезінці - зменшенні) концентрації. Після другої доби встановлювалась характерна для кожного органа динаміка накопичення, що дає змогу описати процес математичними засобами.

Дослідження параметрів накопичення ¹³¹I у ЩЗ

У роботі [2] нами оцінено функціональні залежності змінних фізіологічних параметрів накопичення ¹³¹I у ЩЗ від поглиненої в органі дози D. У першому наближенні вони мають такий вигляд:

ефективний період напіввиведення

$$T_{ef} = 2,71109 D^{0,16168} \text{ (за } D \leq 34 \text{ Гр)}, \quad (3)$$

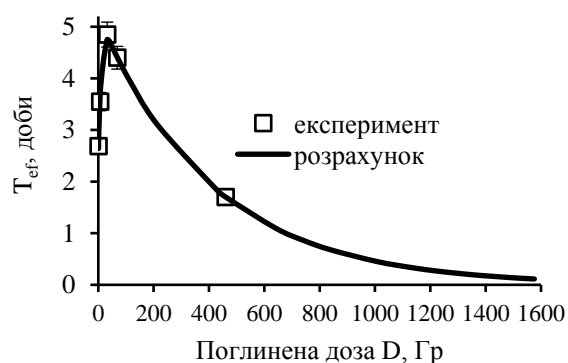


Рис. 1. Залежність ефективного періоду напіввиведення ¹³¹I із ЩЗ (T_{ef}) від поглиненої дози.

Найбільш проблемним було визначення функції додозалежності третього показника – маси ЩЗ. Проблема полягає в тому, що для отримання достатньої кількості експериментальних точок необхідно провести досить складний у технічному і небезпечний у радіаційному відношенні експеримент. Так, наприклад, прями γ-спектрометричні вимірювання вмісту ¹³¹I, активністю понад 100 кБк, напівпровідниковим детектором неможливі через перевантаження детектора, а застосування поглинаючих екранів призводить до спотворення γ-спектра і вимагає спеціального калібрування. Водночас умови нашої лабораторії не дають можливості безпечно працювати з

$$T_{ef} = 5,206 \cdot \exp(-0,00243 \cdot D) \text{ (за } D > 34 \text{ Гр)}, \quad (4)$$

коефіцієнт переходу ізотопу, що надійшов пероральним шляхом до ЩЗ,

$$k_{th} = 20,558 \cdot \exp(-0,0024 \cdot D); \quad (5)$$

маса ЩЗ

$$m_{th} = 0,0008463 \cdot \ln(D) + 0,0148 \text{ (за } D \leq 34 \text{ Гр)}, \quad (6)$$

$$m_{th} = 0,019345 \cdot \exp(-0,002433 \cdot D) \text{ (за } D > 34 \text{ Гр)}, \quad (7)$$

T_{ef} виражено в добах; k_{th} – у %; m_{th} – у г; D – у Гр.

Як уже зазначалось, залежність T_{ef} від дози визначили внаслідок проведення експериментів з одноразовим уведенням ізотопу. Оскільки для графічної побудови залежностей та їхньої подальшої математичної інтерпретації ми мали достатню кількість експериментальних точок, їхня достовірність у нас сумніву не викликає (рис. 1). Зауважимо, що значення T_{ef} за поглиненої дози 460,3 Гр нами взято з літературного джерела [4].

Після ретельного аналізу накопичення йоду в ЩЗ у процесі даного експерименту було виявлено, що більш адекватно коефіцієнт переходу ізотопу до ЩЗ описує не експоненційна, а показникова функція (рис. 2).

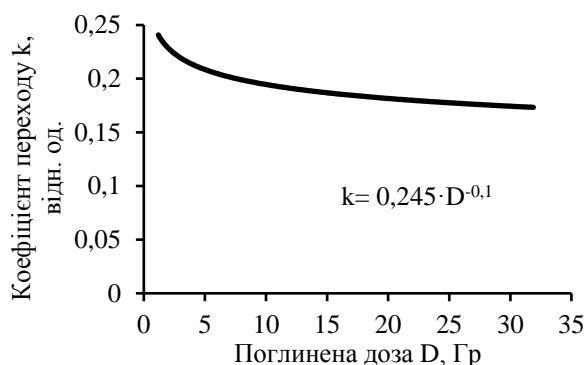


Рис. 2. Залежність коефіцієнта переходу ¹³¹I у ЩЗ від поглиненої в органі дози.

активностями ¹³¹I у декілька МБк на робочому місці. Через ці обставини довелось обмежитись початковою активністю ізотопу, що щоденно вводили кожній тварині, 35 кБк (рис. 3). До досягнення дози опромінення ЩЗ 34 Гр крива додозалежності задовільно описується виразом (6). Форму кривої експоненційного зменшення маси ЩЗ унаслідок радіаційного руйнування її тканини через недостатню кількість експериментальних точок ми оптимізували внаслідок аналітичних пошуків. Для цього, варіюючи у виразі (7) сталою зменшення маси ЩЗ λ, теоретично отримували різні криві залежності повної поглиненої у ЩЗ дози (на 80-ту добу від початку тривалого

перорального введення) від початкового значення щоденного перорального надходження ^{131}I у всьому потенційному діапазоні вхідної активнос-

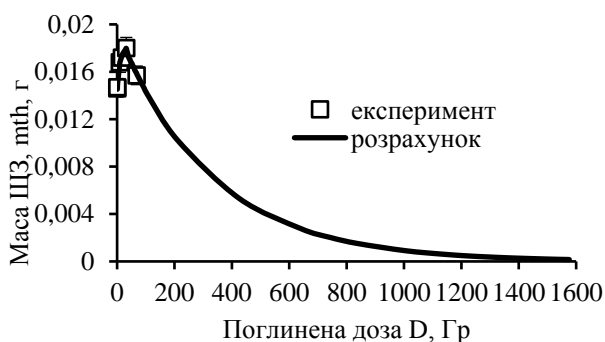


Рис. 3. Залежність маси ЩЗ від поглиненої в органі дози.

З аналізу кривих (4) простежуються, принаймі, дві особливості.

1. За будь-яких значень λ повна втрата функцій ЩЗ і майже повна деструкція тироїдної тканини відбувається за досягнення граничної дози, яка дорівнює 1600 ± 35 Гр.

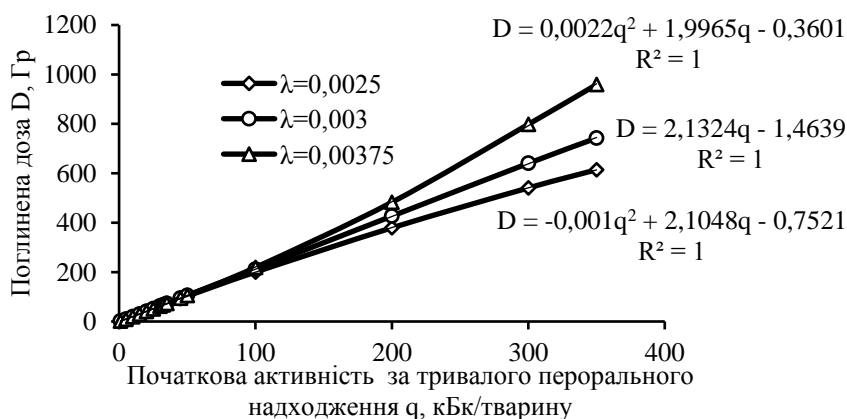


Рис. 5. Апроксимація залежності дози у ЩЗ від вхідної активності ^{131}I та значень λ монотонними функціями.

Бачимо, що за $\lambda = 0,00375$ і $\lambda = 0,0025$ залежність D від q цілком вірогідно ($R^2 = 1$) описується лінійно-квадратичними функціями, причому в першому випадку квадратичний член є додатний, а у другому – від’ємний. Натомість за $\lambda = 0,003$ також достовірно спостерігається лінійна залежність дози від активності, яка надходить до організму, що, на наш погляд, є найбільш реалістичним варіантом залежності. Однак це припущення, безумовно, потребує експериментального підтвердження.

Проте ми скорегували функціональну залежність (7) до вигляду

$$m_{th} = 0,0195 \cdot \exp(-0,00305 \cdot D) \quad (\text{за } D > 34 \text{ Гр}) \quad (8)$$

і в подальшому використовували її в наших розрахунках. Зауважимо, що за прийнятого значення λ мінімальна початкова вхідна активність ізо-

ті, аж до досягнення максимально можливої дози в тироїдній тканині, за якої ЩЗ повністю перестав функціонувати (рис. 4).

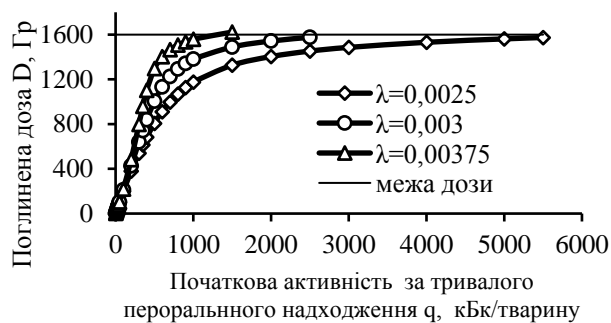


Рис. 4. Особливості формування дози у ЩЗ залежно від вхідної активності та значень λ .

2. Усі криві мають точку перегину, що відповідає початковому пероральному надходженню ізоотопу 350 кБк/тварину.

Обмежимося діапазоном (1 - 350) кБк/тварину, в якому залежності D від q є монотонними, і проаналізуємо ці функції (рис. 5).

топу, за якої відбувається практично повне руйнування ЩЗ, становить 2500 кБк/тварину, а залишкова маса тироїдної тканини за досягнення граничної дози 1600 Гр становить 0,00016 г, тобто $\sim 1\%$ від початкової. Ці рештки ЩЗ, очевидно, являють собою перероджену тироїдну тканину, яка вже нездатна виконувати свою функцію.

Визначивши вигляд функцій дозозалежних параметрів накопичення йоду в ЩЗ, ми зробили прогностичні розрахунки вмісту ^{131}I в органі впродовж 10 періодів напіврозпаду ізоотопу (80 діб) за наших умов опромінення. Вважають, що за такий термін ізоотоп практично повністю розпадається й дозу можна вважати сформованою. Результати розрахунку порівняли з експериментальними даними й отримали гарний збіг (рис. 6). Отже, можна вважати, що шукані параметри визначено цілком задовільно.

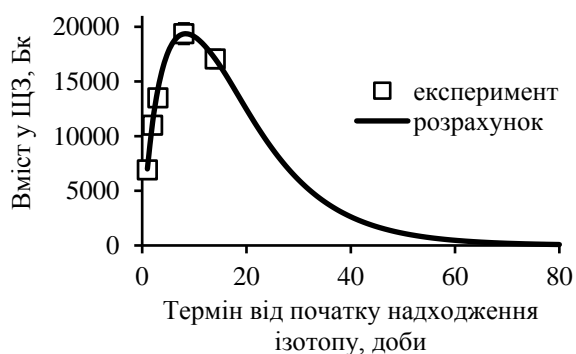


Рис. 6. Накопичення ¹³¹I у ЩЗ за тривалого перорального надходження внаслідок «залпового» викиду з атомного реактора за початкової активності 32,33 кБк.

Процеси дозоутворення

Формування дози у ЩЗ. На рис. 7 відображено динаміку накопичення поглиненої дози у

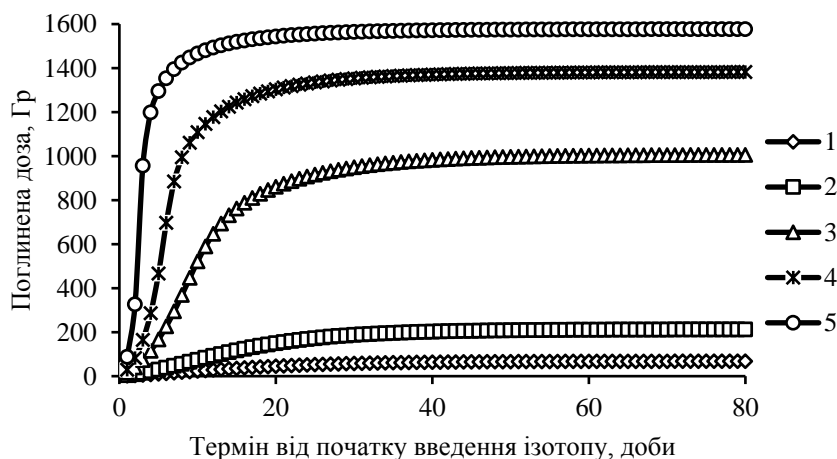


Рис. 7. Динаміка формування повної дози у ЩЗ за тривалого перорального надходження внаслідок «залпового» викиду ¹³¹I із реактора. Позначення у легенді - початкова вхідна активність: 1 – 32,33, 2 – 100, 3 – 500, 4 – 1000, 5 – 2500 кБк/тварину.

Таблиця 2. Динаміка дозоутворення в органах і тканинах щурів за тривалого (упродовж 80 діб) перорального надходження у випадку короткочасного викиду ¹³¹I у довкілля

Термін від початку надходження, доби	Орган чи тканина					
	м'язова тканина	нирки	печінка	легені	селезінка	кістковий мозок
	Поглинена доза × 10 ⁻⁴ , Гр					
1	0,14 ± 0,03	0,43 ± 0,09	0,38 ± 0,08	0,38 ± 0,08	0,22 ± 0,05	1,01 ± 0,21
2	0,50 ± 0,09	1,63 ± 0,29	1,48 ± 0,22	1,23 ± 0,27	0,80 ± 0,19	2,09 ± 0,43
3	0,83 ± 0,20	2,77 ± 0,70	2,76 ± 0,55	2,10 ± 0,49	1,31 ± 0,29	3,38 ± 0,61
8	2,73 ± 0,51	10,3 ± 2,2	10,9 ± 1,9	6,73 ± 1,7	4,30 ± 0,84	10,8 ± 2,7
14	5,01 ± 0,99	19,5 ± 4,6	20,2 ± 3,8	13,0 ± 2,1	7,73 ± 1,52	19,1 ± 3,7

Як бачимо, для різних органів спостерігається різний градієнт накопичення поглиненої дози. Водночас величина дози в органі на 80-ту добу після початку надходження ізотопу до організму є на 4,5 - 5 порядків величини менша, ніж у ЩЗ.

Особливий інтерес представляє формування дози в тимусі – одному з органів лімфопоезу, який безпосередньо прилягає до ЩЗ і тому знає суттєвого додаткового γ-опромінення радіо-

ЩЗ упродовж 80 діб за щоденного надходження ¹³¹I до організму внаслідок короткочасного аварійного викиду ізотопу з атомного реактора для різних величин активності радіоїоду, що потрапив у довкілля. Крива 1 відображає дозоутворення за умов даного експерименту; крива 5 – за умов мінімальної вхідної активності, за якої відбувається повне руйнування ЩЗ. Інші криві відображають вхідні активності, що займають проміжне значення. На всіх кривих спостерігається з часом вихід дози практично на плато, але це відбувається тим раніше, чим більша вхідна активність ізотопу.

Формування дози в інших органах і тканинах. Накопичення доз у деяких інших, крім ЩЗ, органах і тканинах повністю визначається особливостями накопичення в них радіоактивного йоду (див. табл. 1), що відображено в табл. 2.

нуклідами, що містяться в останній. Використовували розрахункову модель і робочі формули додаткового опромінення, наведені в роботі [3]. Результати розрахунків додаткового опромінення тимуса наведено в табл. 3. Як бачимо, додаткове опромінення цього органа від ЩЗ є суттєвим і, очевидно, може викликати певні негативні гематологічні й імунологічні ефекти.

Таблиця 3. Формування дози додаткового γ -опромінення тимуса від йоду, що міститься у ЩЗ

Термін після початку надходження ізотопу	Поглинена доза в тимусі, Гр		
	максимальна	мінімальна	середньоінтегральна
1	0,0249	0,0017	0,0065
2	0,0649	0,0044	0,0169
3	0,1146	0,0078	0,0299
8	0,4217	0,0287	0,1100
14	0,778	0,053	0,2030

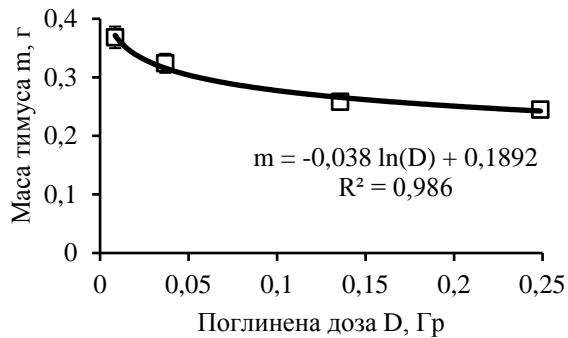


Рис. 8. Зміна маси тимуса щурів залежно від дози опромінення органа.

На рис. 8 відображено дозозалежну зміну маси тимуса.

Маса тимуса достовірно зменшується за логарифмічною залежністю зі зростанням дози опромінення органа. За наших умов експерименту на 14-ту добу середньоінтегральна доза опромінення органа становить понад 0,2 Гр, тоді як максимальна – близько 0,8 Гр (див. табл. 3), що може певним чином впливати на гемопоез та імунний статус тварин.

Висновки

1. За тривалого надходження до організму щурів ^{131}I , зумовленого короточасним аварійним викидом у доквілля з атомного реактора, процес накопичення ізотопу в ЩЗ описується трьома змінними взаємопов'язаними дозозалежними параметрами: ефективним періодом напіввиведення, коефіцієнтом депонування йоду та масою ЩЗ.

2. Гранична поглинена доза у ЩЗ, за якої настає атиреоз, становить 1600 ± 35 Гр, а залишкова маса тироїдної тканини $\sim 1\%$ від початкової.

3. Накопичення йоду в різних органах та тканинах після 2-ї доби характеризується логарифмічною чи показниковою (експоненційною) залежністю.

4. Доза опромінення тимуса на 2, шлунка та гіподерми на 3, інших органів на 4, а м'язової тканини на 5 порядків величини менші, ніж ЩЗ.

5. При розрахунку доз на органи та тканини необхідно враховувати додаткове γ -опромінення йодом, що міститься у ЩЗ і гіподермі, оскільки доза за рахунок цього опромінення може на 1 - 2 порядки перевищувати таку за рахунок радіонуклідів, що містяться безпосередньо в органі й впливати на стан кровотворної та імунної систем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дрозд І.П., Липська А.І., Бездробна Л.К. та ін. Дослідження кінетики ^{131}I в організмі щурів за одноразового надходження // Ядерна фізика та енергетика. - 2012. - Т. 13, № 3. - С. 283 - 288.
2. Сова О.А., Дрозд І.П. Дозоутворення та гематологічні ефекти за тривалого внутрішнього опромінення щурів ізотопом ^{131}I // Ядерна фізика та енергетика. - 2014. - Т. 15, № 4. - С. 359 - 369.
3. Дрозд І.П., Сова О.А., Липська А.І. Динаміка накопичення ^{131}I та формування доз в органах і тканинах лабораторних щурів за тривалого перорального надходження // Ядерна фізика та енергетика. - 2015. - Т. 16, № 1. - С. 60 - 67.
4. Распределение, кинетика обмена и биологическое действие радиоактивных изотопов йода: сб. работ / Под ред. Л. А. Ильина, Ю. И. Москалева. - М.: Медицина, 1970. - 240 с.

І. П. Дрозд, Е. А. Сова, А. И. Липская

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА ^{131}I . ПРОЦЕССЫ ДОЗОБРАЗОВАНИЯ

Исследовали особенности накопления ^{131}I и дозобразование в организме лабораторных крыс в условиях моделирования длительного поступления изотопа в результате аварийного «залпового» выброса изотопа в окружающую среду. Оптимизировано функцию изменения массы щитовидной железы (ЩЖ) вследствие накопления в органе поглощенной дозы. Установлена предельная поглощенная доза, при которой ЩЖ прекра-

щат функционировать и происходит почти полная деструкция тироидной ткани. Оценена остаточная масса ткани ЩЖ после радиационного разрушения органа. Описаны особенности процессов дозообразования в других органах и тканях.

Ключевые слова: изотоп ¹³¹I, щитовидная железа, накопление йода, дозообразование, атиреоз.

I. P. Drozd, O. A. Sova, A. I. Lypska

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

SIMULATION OF ¹³¹I EMERGENCY EMISSION. PROCESSES OF DOSE FORMATION

Kinetics of ¹³¹I and dose formation in tissues and organs of laboratory Wistar rats in a simulation of long entry of the isotope were studied. The function of weight of the thyroid gland changes due to accumulation of absorbed dose in the body was optimized. Maximum activity of the initial ingestion of the isotope in the body, above which the thyroid tissue loses its ability to retain iodine was substantiated. Residual thyroid tissue mass after radiation damage was estimated. Features of the processes of dose formation in other tissues and organs were described.

Keywords: isotope ¹³¹I, thyroid gland, accumulation of iodine, dose formation, athyreosis.

REFERENCES

1. *Drozd LP., Lyp'ska A.I., Bezdrobna L.K. et al. // Nucl. Phys. At. Energy. - 2012. - Vol. 13, No. 3. - P. 283 - 288. (Ukr)*
2. *Sova O.A., Drozd LP. // Nucl. Phys. At. Energy. - 2014. - Vol. 15, No. 4. - P. 359 - 369. (Ukr)*
3. *Drozd LP., Sova O.A., Lyp'ska A.I. // Nucl. Phys. At. Energy. - 2015. - Vol. 16, No. 1. - P. 60 - 67. (Ukr)*
4. *Distribution, kinetics exchange and biological effects of radioactive iodine isotopes: collection of papers / Ed. L. A. Ilyin, Yu. I. Moskalyov. - Moskva: Medicine, 1970. - 240 p. (Rus)*

Надійшла 02.06.2015

Received 02.06.2015