

ДОЗОУТВОРЕННЯ В ЛАБОРАТОРНИХ ЩУРІВ ЗА ПЕРОРАЛЬНОГО НАДХОДЖЕННЯ ^{131}I З БЛОКУВАННЯМ ТА БЕЗ БЛОКУВАННЯ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ СТАБІЛЬНИМ ЙОДОМ

Експериментально досліджено кінетику ^{131}I в органах і тканинах лабораторних щурів за одноразового перорального надходження до організму без попереднього блокування щитоподібної залози та за часткового її блокування стабільним йодом. Для обох випадків установлено функції утримання ізотопу в органах, ефективні та біологічні періоди напіввиведення. Розраховано поглинені та ефективні дози опромінення. Установлено, що одноразове часткове блокування щитоподібної залози не створює очікуваного радіозахисного ефекту. Для ефективного захисту органу від переопромінення необхідний щоденний тривалий прийом стабільного йоду.

Ключові слова: ізотопи йоду, кінетика радіонуклідів, дозоутворення, поглинена доза, ефективна доза, блокування щитоподібної залози.

Экспериментально исследована кинетика ^{131}I в органах и тканях лабораторных крыс при однократном пероральном поступлении в организм без предварительного блокирования щитовидной железы и при частичном ее блокировании стабильным йодом. Для обоих случаев установлено функции удержания изотопа в органах, эффективные и биологические периоды полуыведения. Рассчитаны поглощенные и эффективные дозы облучения. Установлено, что однократное частичное блокирование щитовидной железы не создает ожидаемого радиозащитного эффекта. Для эффективной защиты органа от переоблучения необходим ежедневный длительный прием стабильного йода.

Ключевые слова: изотопы йода, кинетика радионуклидов, дозообразование, поглощенная доза, эффективная доза, блокирование щитовидной железы.

Experimental kinetics of ^{131}I in organs and tissues of rats after single oral intake of pre-thyroid and without partial blocking by stable iodine was studied. For both cases, the functions of the isotopes in the bodies, and there were effective and biological half-lives release. Absorbed and effective doses were calculated. It was founded that single partial blocking of the thyroid gland does not produce the expected radioprotective effect. For effective protection of the body from over exposure it is needed daily long-term use of stable iodine.

Key words: isotopes of iodine, the kinetics of radionuclides, formation of dose, absorbed dose, effective dose, thyroid blocking.

Постановка проблеми. Серед короткоживучих продуктів поділу ядер урану та трансуранових елементів найбільш біологічно значущими є радіоактивні ізотопи йоду, особливо ^{131}I [1; 2]. При потраплянні в навколоишне середовище радіонукліди швидко включаються в біологічний кругообіг і, потрапивши в організм людини чи вищих тварин (ссавців), розподіляються по органах і тканинах із переважним накопиченням у щитоподібній залозі (ЩЗ) [3]. Радіоактивні ізотопи йоду наразі широко використовуються в медицині з діагностичною і лікувальною метою. У зв'язку з цим вивчення міграції в зовнішньому середовищі, закономірностей розподілу, кінетики обміну, біологічної дії, профілактики та терапії уражень радіоактивним йодом має велике значення. При радіоактивному забрудненні зовнішнього середовища

продуктами поділу важких ядер радіоактивні ізотопи йоду можуть бути істотним чинником радіаційної небезпеки [4; 5]. Це зумовлено їх високим виходом у реакціях поділу [6], здатністю майже без дискримінації мігрувати по ланках біологічних ланцюгів і концентруватися в щитоподібній залозі, що є критичним органом для ізотопів йоду [7]. Основним постачальником ізотопів йоду в організм людини та тварин-ссавців як при його глобальних випаданнях, так і у випадках різних аварійних ситуацій, пов'язаних із надходженням радіоактивності в навколоишнє середовище, є молоко. За значного споживання свіжої рослинної продукції певна частка радіоактивного йоду може надходити також із останньою за рахунок її аерозольного забруднення.

Як тиреотропний елемент, йод має суттєві особливості дозоутворення, порівняно з іншими радіонуклідами [8; 9]. Так, у лабораторних щурів дози в органах і тканинах за короткочасного надходження ^{131}I є на 4-5 порядків менші, ніж у ЩЗ. Очевидно, саме завдяки цьому вивченю дозоутворення в інших органах, крім ЩЗ, до цих пір приділяли мало уваги. Однак, без знання локальних доз, поглинених у кожному органі, у тварин неможливо визначити ефективну дозу, із якою пов'язують цитогенетичні, гематологічні, імунологічні та інші радіобіологічні ефекти. Із цією метою необхідно експериментальним шляхом дослідити закономірності і особливості кінетики ізотопу в основних органах і тканинах організму. Окрім цього, інтерес представляють розподіл йоду та особливості дозоутворення в органах і тканинах за часткового чи повного блокування ЩЗ стабільним йодом.

Матеріали та методи дослідження. Для дослідження кінетики ізотопу в організмі було проведено 2 серії дослідів. Щуром-самцям лінії Вістар, початковою масою 200 ± 15 г перорально через зонд

$$q_t = q_o \times f \times (a \times \exp\left(\frac{-0,693 \times t}{T_{ef1}}\right) + (b \times \exp(\frac{-0,693 \times t}{T_{ef2}})), \quad (1)$$

де q_t – активність радіонукліда в органі на час t ;

q_0 – активність, що надійшла до організму;

f – частина активності, що надійшла до органу;

a, b – частка ізотопу, що надійшла до органу;

Інтегруючи активність під кривими, що описують процеси кінетики ізотопу в органі за час t , можна отримати сумарну кількість розпадів N_t в одиниці

$$D_n = k \times E_{ef} \times N_t \text{ [Gp]}, \quad (2)$$

де $k = 1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж/МэВ;

E_{ef} – ефективна енергія, що передається органу в кожному акті розпаду ізотопу, МeВ/роздпад.

Згідно з Публікацією 103 МКРЗ [10], ефективна доза D_{eff} описується співвідношенням:

$$P_{ef} = \sum P_n \times w_n; \quad (3)$$

де w_c – тканинний зважуючий фактор (табл. 1).

маси органу чи тканини і розрахувати поглинену дозу D_n в органі n за виразом:

Таблиця I

Значення тканинних зважуючих факторів

Значення тканинних зважуючих факторів	
Орган	w_n
Кістковий мозок, шлунок, кишковик, легені, нирки, селезінка, м'язи	0,12
Гонади	0,08
Печінка, щитоподібна залоза	0,04
Поверхня кістки, шкіра	0,01

Постановка завдання. Для вирішення поставленої проблеми нами були актуалізовані такі завдання:

- експериментально визначити вміст ^{131}I в органах і тканинах у різні терміни після перорального надходження до організму тварин для випадків часткового блокування ЩЗ стабільним йодом та без такого;

– виявити для кожного органу та тканини особливості виведення радіонукліду (одно- чи двокомпонентне виведення) і визначити періоди напіввиведення за- та без блокування ЩЗ;

– розрахувати для випадку одноразового надходження 100 кБк ізотопу сумарну кількість розпадів та поглинені дози в органах і тканинах для всіх термінів забою тварин за- та без блокування ЩЗ;

– визначити максимальний ступінь блокування ЩЗ за даних умов експерименту;

– побудувати та проаналізувати графічні залеж-

ності, що описують динаміку формування поглинених доз в основних органах і тканинах тварин за- та без часткового блокування ІІЗ;

- побудувати та проаналізувати графічні залежності, що характеризують зміну співвідношення поглинених доз за- та без блокування ЩЗ;
 - розрахувати ефективну дозу опромінення тварин ¹³¹I за одноразового перорального надходження 100 кБк ізотопу в динаміці її формування.

Результати та обговорення. Динаміку експериментально вимірюваного вмісту ^{131}I в органах і тканинах у різні терміни після перорального надходження до організму тварин для випадків часткового блокування ЩЗ стабільним йодом та без такого відображенено на рис. 1. Як впливає із рис. 1, б, за даних умов блокування ЩЗ в орган надійшло 28 % ізотопу, порівняно з тваринами, яким ЩЗ не блокували. Отже ступінь блокування становив 72 %.

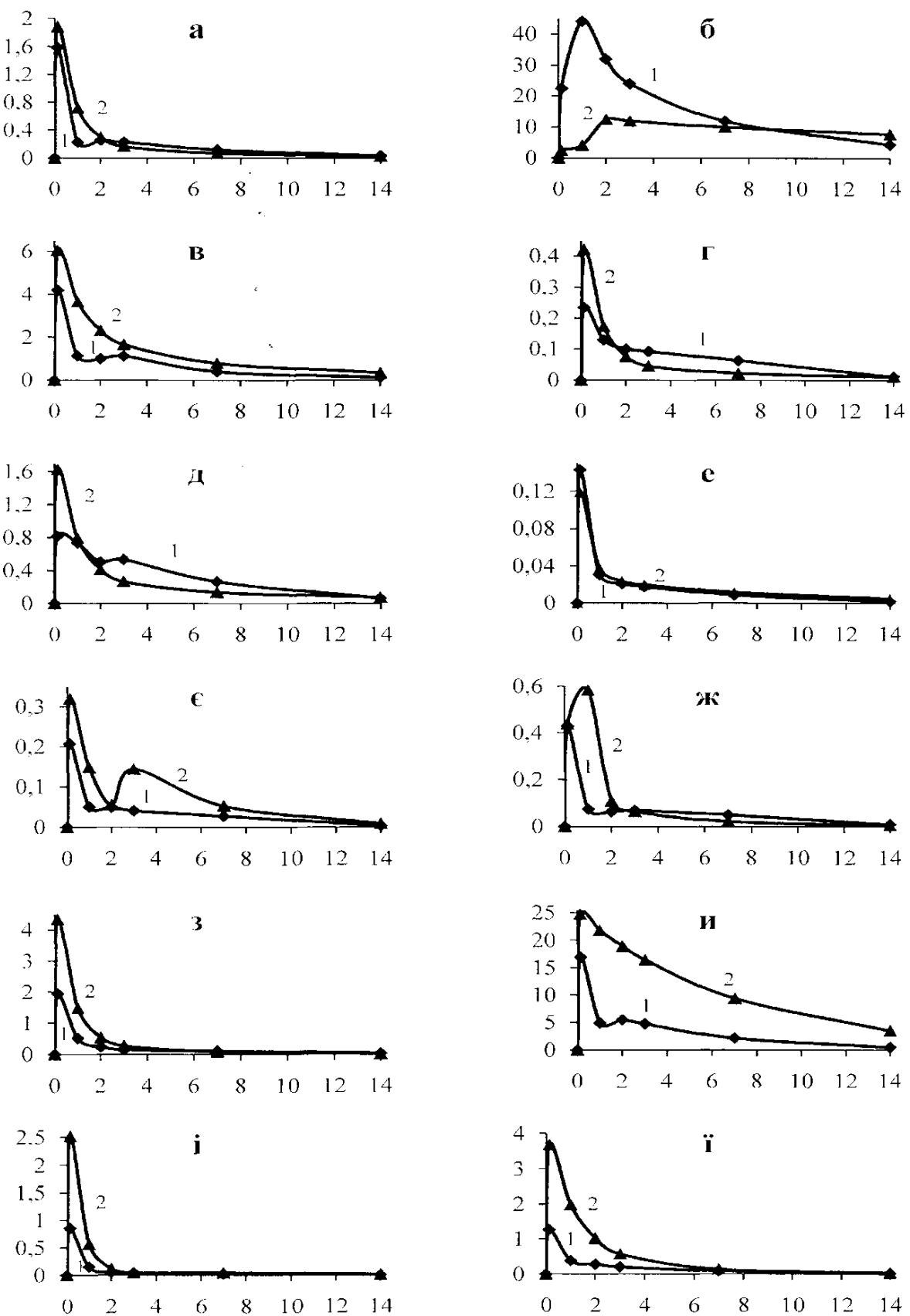


Рис. 1. Кінетика ^{131}I в органах і тканинах лабораторних щурів без (1) та за (2) часткового блокування ІЗ стабільним йодом. По осі абсцис – термін після надходження ізотопу, доби; по осі ординат – уміст ізотопу, % від введеного. Назви діаграм: а – кров; б – ІЗ; в – м'язи; г – нирки; д – печінка; е – селезінка; ж – легені; ж – сім'яники; з – кісткова тканина; и – шкіра; і – шлунок (стінка); ї – кишковик (стінка).

Часткове блокування ІЦЗ суттєво змінює метаболізм ^{131}I , про що свідчать відмінності в його кінетиці в окремих органах і тканинах. Перш за все, суттєво змінилась кінетика ізотопу в самій ІЦЗ. У заблокованій залозі максимум його накопичення змістився з 1-ї на 2-у добу, а ефективний період напіввиведення зрос із 3,3 діб до 17,3 діб. Але для ^{131}I значення T_{ef} , що перевищує 8,04 доби (період напіврозпаду ізотопу) не має фізичного змісту. Пояснення ефекту, що спостерігається, очевидно, слід шукати в тому, що разом із процесом секреції в кров із ІЦЗ з тиреоїдними гормонами стабільного йоду, що її частково блокував, відбувається його заміщення (опосередковано через кров) радіоактивним йодом, що вивільняється, у першу чергу, із нирок і печінки. Підтвердження цьому ми знаходимо в тому, що у тварин з частково заблокованою ІЦЗ уміст ^{131}I в нирках і печінці, а також у крові, починаючи з 2-ї доби після надходження до організму, стає приблизно в 2 рази меншим, ніж у тварин із незаблокованим органом, і на певний час стабілізується на цьому рівні. У сім'яниках після 2-ї доби також відбувається подібний перехід. Ми очікували, що у зв'язку з блокуванням ІЦЗ радіонуклід, надійшовши в кров, перерозподілиться між іншими органами і тканинами. Дійсно, крім згаданих вище органів і тканин, це експериментально було підтверджено. Водночас, кінетика йоду в кожному органі була індивідуальною і, очевидно, відображала його (органу)

роль у забезпеченні загального метаболізму ізотопу. Найменші зміни вмісту ізотопу (зростання за блокування ІЦЗ на 10-25 %) спостерігали у селезінці. В інших органах у початкові терміни (до 1-ї доби) спостерігали зростання вмісту радіонукліду в 1,5-3,5 рази, причому ці співвідношення були характерними і для віддалених термінів після надходження ізотопу. При цьому у легенях тварин із частково заблокованою ІЦЗ на 2-у – 3-ю доби спостерігали значні фазні коливання його вмісту. Однак, найбільший вміст йоду, крім ІЦЗ, спостерігали у шкірі, де він, як відомо, депонується, розчиняючись у ліпідах підшкірної клітковини (гіподерми). Причому, за часткового блокування ІЦЗ у цю тканину надходить близько 25 % ізотопу, що потрапив до організму, а період його напіввиведення становить 4,9 доби. Очевидно, ця тканина є первинним «донором», що постачає через органи виведення (нирки, печінку) та кров радіонуклід у ІЦЗ у процесі виведення з неї стабільного йоду.

У табл. 2 наведено математичні вирази, що апроксимують кінетику ^{131}I в органах і тканинах лабораторних щурів, а у табл. 3 – ефективні (T_{ef}) та біологічні (T_b) періоди напіввиведення. Нагадаємо, що ці періоди напіввиведення пов’язані між собою співвідношенням (4):

$$T_{ef} = \frac{T_b \times T_{1/2}}{T_b + T_{1/2}} \quad (4)$$

Таблиця 2

Математична апроксимація виведення ^{131}I з органів і тканин лабораторних щурів за одноразового надходження до організму 100 кБк ізотопу; q_t – уміст радіонукліду на час t (у добах), % від введеного

Орган чи тканіна	Математичний вираз, що описує виведення радіонукліду з органа	
	без блокування ІЦЗ	за часткового блокування ІЦЗ
кров	$q_t = 2,099 \cdot \exp(-2,233 \cdot t); (0,05 \leq t \leq 2)$ $q_t = 0,344 \cdot \exp(-0,154 \cdot t); (t > 2)$	$q_t = 2,176 \cdot (0,918 \cdot \exp(-1,267 \cdot t) + 0,082 \cdot \exp(-0,135 \cdot t)); (t > 0,05)$
ІЦЗ	$q_t = 49,832 \cdot \exp(-0,209 \cdot t); (t > 1)$	$q_t = 13,556 \cdot \exp(-0,04 \cdot t); (t > 2)$
м’язи	$q_t = 5,06 \cdot \exp(-1,49 \cdot t); (0,05 \leq t \leq 2)$ $q_t = 1,51 \cdot \exp(-0,168 \cdot t); (t > 2)$	$q_t = 6,547 \cdot (0,72 \cdot \exp(-0,843 \cdot t) + 0,28 \cdot \exp(-0,119 \cdot t)); (t > 0,05)$
нирки	$q_t = 0,27 \cdot (0,51 \cdot \exp(-5,29 \cdot t) + 0,49 \cdot \exp(-0,179 \cdot t)); (t > 0,125)$	$q_t = 0,483 \cdot (0,91 \cdot \exp(-1,187 \cdot t) + 0,09 \cdot \exp(-0,09 \cdot t)); (t > 0,125)$
печінка	$q_t = 0,88 \cdot \exp(-0,191 \cdot t); (t > 0,125)$	$q_t = 1,816 \cdot (0,864 \cdot \exp(-1,006 \cdot t) + 0,136 \cdot \exp(-0,085 \cdot t)); (t > 0,125)$
селезінка	$q_t = 0,205 \cdot (0,823 \cdot \exp(-5,236 \cdot t) + 0,177 \cdot \exp(-0,201 \cdot t)); (t > 0,125)$	$q_t = 0,149 \cdot (0,806 \cdot \exp(-2,232 \cdot t) + 0,194 \cdot \exp(-0,13 \cdot t)); (t > 0,125)$
легені	$q_t = 0,351 \cdot (0,8 \cdot \exp(-5,636 \cdot t) + 0,2 \cdot \exp(-0,205 \cdot t)); (t > 0,125)$	$q_t = 0,365 \cdot \exp(-0,929 \cdot t); (0,125 \leq t \leq 3)$ $q_t = 0,301 \cdot \exp(-0,25 \cdot t); (t > 3)$
сім’яники	$q_t = 0,55 \cdot \exp(-2 \cdot t); (0,125 \leq t \leq 2)$ $q_t = 0,128 \cdot \exp(-0,168 \cdot t); (t > 2)$	$q_t = 0,549 \cdot (0,84 \cdot \exp(-1,11 \cdot t) + 0,16 \cdot \exp(-0,195 \cdot t)); (t > 0,125)$
кісткова тканина	$q_t = 2,392 \cdot (0,885 \cdot \exp(-1,996 \cdot t) + 0,115 \cdot \exp(-0,15 \cdot t)); (t > 0,125)$	$q_t = 5,102 \cdot (0,921 \cdot \exp(-1,4 \cdot t) + 0,079 \cdot \exp(-0,219 \cdot t)); (t > 0,125)$
шкіра	$q_t = 20,18 \cdot \exp(-1,412 \cdot t); (0,125 \leq t \leq 2)$ $q_t = 6,82 \cdot \exp(-0,156 \cdot t); (t > 2)$	$q_t = 25,12 \cdot \exp(-0,141 \cdot t); (t > 0,125)$
шлунок*	$q_t = 0,55 \cdot (0,77 \cdot \exp(-2,07 \cdot t) + 0,23 \cdot \exp(-0,205 \cdot t)); (t > 0,125)$	$q_t = 3,128 \cdot (0,987 \cdot \exp(-1,76 \cdot t) + 0,013 \cdot \exp(-0,088 \cdot t)); (t > 0,125)$
кишковик*	$q_t = 1,58 \cdot (0,76 \cdot \exp(-2,435 \cdot t) + 0,24 \cdot \exp(-0,196 \cdot t)); (t > 0,125)$	$q_t = 4,038 \cdot (0,889 \cdot \exp(-0,806 \cdot t) + 0,111 \cdot \exp(-0,18 \cdot t)); (t > 0,125)$

* стінка

Таблиця 3

Ефективні та біологічні періоди напіввиведення ^{131}I з органів і тканин щурів

Орган чи тканіна	без блокування ІЦЗ		за часткового блокування ІЦЗ	
	T_{ef}	T_b	T_{ef}	T_b
кров	0,31; 4,5	0,323; 10,22	0,55; 5,13	0,587; 14,2
ІЦЗ	3,3	5,64	17,3	?
м’язи	0,465; 4,125	0,494; 8,47	0,82; 5,82	0,916; 21,1
нирки	0,131; 3,87	0,133; 7,47	0,58; 7,7	0,693; 182
печінка	3,63	6,61	0,69; 7,96	0,75; 860

Закінчення табл. 3

селезінка	0,132; 3,45	0,134; 6,04	0,31; 5,33	0,323; 15,82
легені	0,123; 3,38	0,125; 5,83	0,75; 2,3	0,822; 3,23
сім'янки	0,35; 4,125	0,362; 8,47	0,62; 3,55	0,677; 6,37
кісткова тканина	0,35; 4,62	0,363; 10,86	0,495; 3,16	0,527; 12,64
шкіра	0,491; 4,44	0,522; 9,93	4,915	12,64
шлунок*	0,335; 3,38	0,349; 5,83	0,394; 7,875	0,414; 384
кишковик*	0,285; 3,54	0,295; 6,31	0,86; 3,85	0,963; 7,39

* стінка

Гідною уваги є тривала затримка частини ізотопу за часткового блокування ЩЗ у шлунку, нирках та печінці (табл. 3, великі значення T_b).

Особливості кінетики ^{131}I в організмі тварин за внутрішнього надходження визначають формування в органах і тканинах поглинених доз. Динаміка формування доз за та без часткового блокування ЩЗ стабільним йодом відображенна на рис. 2. Для більшої наочності на рис. 3 графічно зображене для основних органів динаміку у часі відношення поглиненої дози в органі за його блокування до дози без блокування.

Найцікавішими є особливості формування доз у критичному органі – щитоподібній залозі. Хоча за наших умов ступінь блокування надходження радіонукліду за співвідношенням максимального накопичення ізотопу в органі становить 72 % (рис. 2, б), однак, завдяки виявленій нами й описаній вище постійній «підкачці» радіоактивного йоду в ЩЗ, що блокується, із інших органів, співвідношення між дозами в заблокованій та незаблокованій ЩЗ, починаючи з 3-ї доби монотонно змінюється від 0,28 до 0,65 на 14-ту добу. За нашим прогнозом на 28-му добу це співвідношення наблизиться до 1. Дози опромінення ЩЗ за одноразового надходження до організму 100 кБк ^{131}I на цей термін дорівнюють 28 Гр як без блокування органу, так і з таким, тобто радіозахисний ефект від неповного блокування ЩЗ стабільним йодом зайде нанівець. Таким чином, одноразове блокування ЩЗ є неефективним. Очевидно для ефективного захисту цього органу від переопромінення необхідне щоденне вживання препаратів стабільного йоду впродовж тривалого часу, що знаходить підтвердження в наукових публікаціях [11; 12].

Дози, поглинені в інших органах, є на декілька порядків меншими, ніж у ЩЗ і на 14-ту добу складають від 0,6 мГр у сім'янках до 8 мГр у підшкірній клітковині. При цьому блокування ЩЗ практично не впливає на величину поглинених доз, що формуються в нирках і печінці через 7 діб після надходження ізотопу та в пізніші терміни (рис. 3, в, г). У м'язовій і кістковій тканині поглинена доза за наших умов блокування ЩЗ після 7-ї доби перевищувала таку без блокування органу приблизно удвічі (рис. 3, б, д), у легенях та шлунку – у 2,5 рази (рис. 3, ж, з), а в кишковику – у 3 рази (рис. 3, и). Доза опромінення шкіри

(підшкірної клітковини) за часткового блокування ЩЗ на 14 добу зросла в 3,9 рази (рис. 3, е). У сім'янках навпаки, співвідношення між дозами в тварин із заблокованою та незаблокованою ЩЗ, із 2-ї до 28-ї доби після введення ізотопу зменшилось від 2,3 до 0,68 і продовжує зменшуватись.

Визначивши поглинені дози в окремих органах і тканинах організму лабораторних щурів, ми отримали можливість розрахувати ефективні дози опромінення тварин ізотопом ^{131}I в процесі експерименту (табл. 4).

Таблиця 4

Ефективні дози (Зв) опромінення лабораторних щурів за та без часткового блокування ЩЗ стабільним йодом за одноразового надходження до організму 100 кБк ^{131}I

Стан ЩЗ	Термін після надходження ізотопу, доби					
	1	2	3	7	14	28
Без блокування	0,115	0,305	0,459	0,834	1,055	1,120
Із частковим блокуванням	0,012	0,066	0,130	0,362	0,688	1,120

Висновки

1. Установлено функції виведення ^{131}I із органів і тканин лабораторних щурів за одноразового перорального надходження 100 кБк ізотопу без блокування ЩЗ та за часткового (72 %) блокування ЩЗ стабільним йодом; розраховано періоди ефективного та біологічного напіввиведення.

2. За даних умов блокування ЩЗ стабільним йодом відбувається:

- перерозподіл радіоактивного ізотопу по інших органах і тканинах, збільшуєчи в підсумку дозу їх опромінення в 2-4 рази; при цьому найбільший його вміст (до 25 % від введеного) і, відповідно, дозу опромінення спостерігали в шкірі (гіподермі);

- заміщення стабільного йоду, що видаляється із ЩЗ із тиреотропними гормонами, радіоактивним ізотопом, який виділяється переважно з нирок і печінки.

3. Одноразове часткове блокування ЩЗ практично не має радіозахисного ефекту: поглинена доза в ЩЗ та ефективна доза при цьому не зменшується, зменшується лише потужність дози; для ефективного захисту органу від переопромінення необхідний щоденний тривалий прийом стабільного йоду.

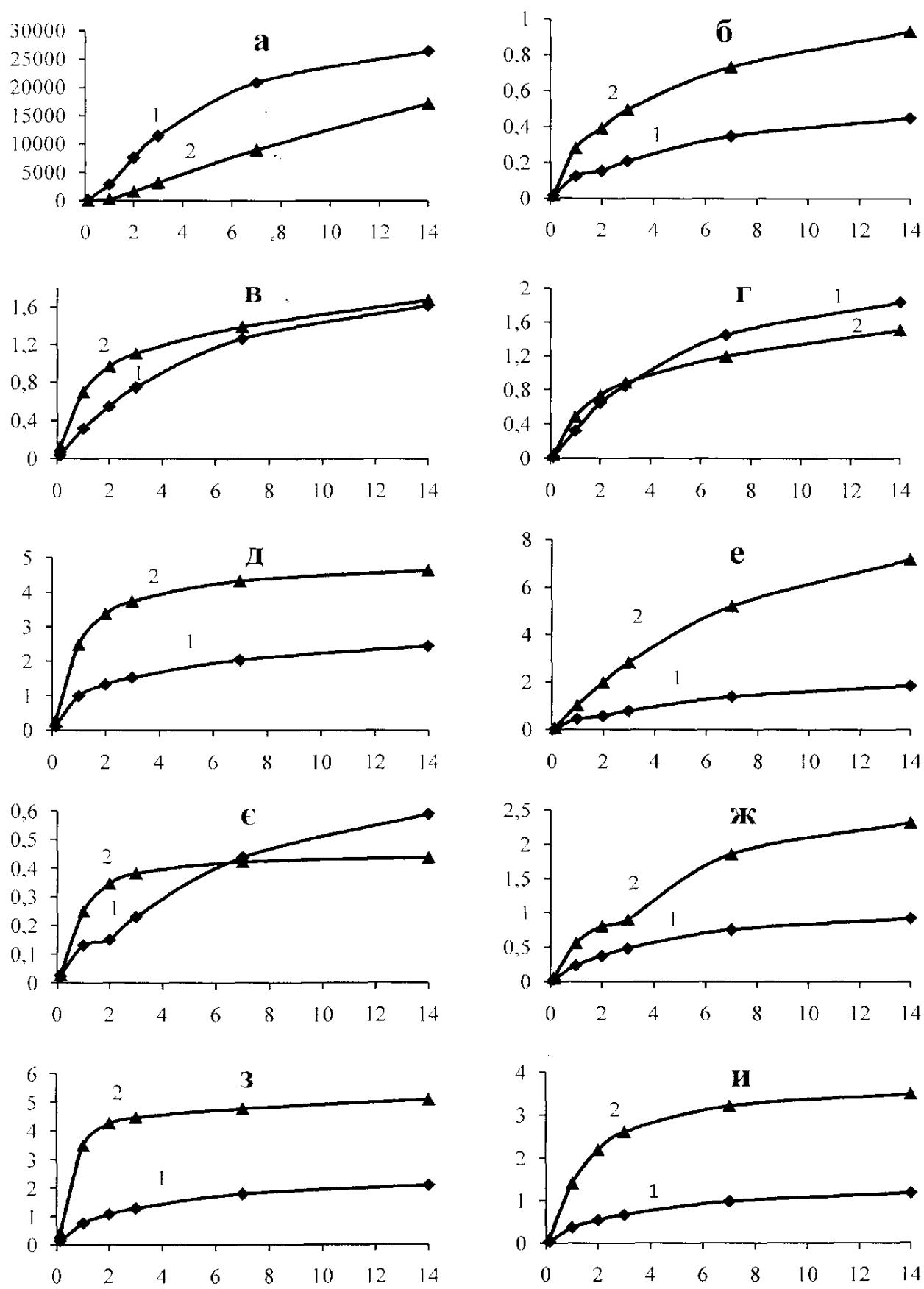


Рис. 2. Особливості формування поглинених доз в органах і тканинах щурів за одноразового перорального надходження 100 кБк ^{131}I без блокування (1) та з частковим блокуванням (2) ЩЗ стабільним йодом.
По осі абсцис – термін після надходження ізотопу, доби; по осі ординат – поглинена доза, мГр. Назви діаграм:
а – ЩЗ; б – м'язова тканина; в – нирки; г – печінка; д – кісткова тканина; е – шкіра; є – сім'яники; ж – легені;
з – шлунок; и – кишковик.

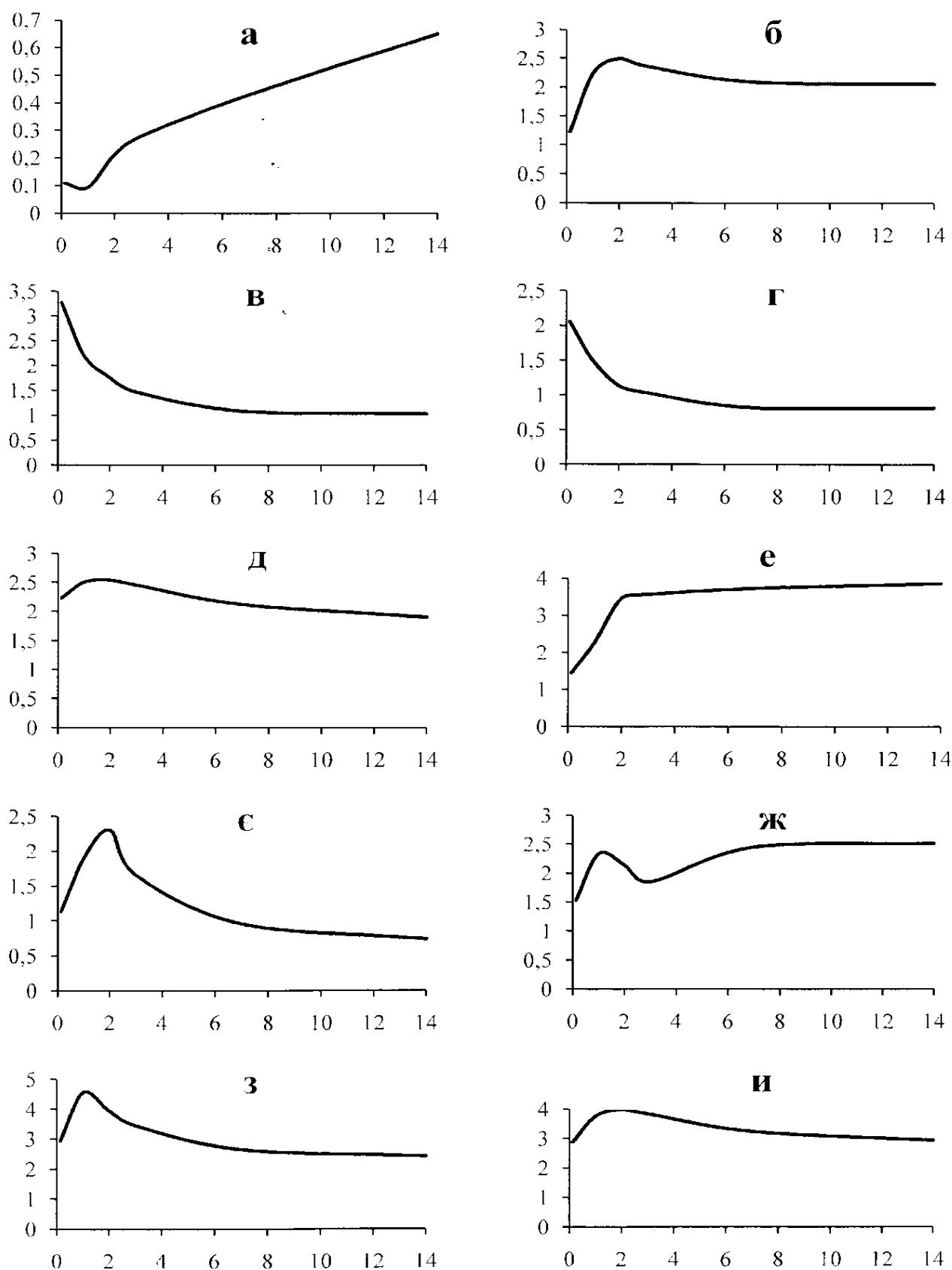


Рис. 3. Динаміка співвідношення поглинених доз в органах і тканинах щурів за одноразового перорального надходження 100 кБк ^{131}I за та без часткового блокування ІЗ стабільним йодом. По осі абсцис – термін після надходження ізотопу, доби; по осі ординат – відношення поглиненої в органі дози з блокуванням ІЗ до такої без блокування, відн. од. Назви діаграм: а – ІЗ; б – м'язова тканина; в – нирки; г – печінка; д – кісткова тканина; е – шкіра; є – сім'яники; ж – легені; з – шлунок; и – кишковик.

Перспективи подальших досліджень. Для з'ясування особливостей і закономірностей забезпечення ефективного захисту ЩЗ та організму людини від радіаційного ураження радіоактивними ізотопами йоду необхідно здійснювати подальші наукові пошуки. Зокрема, необхідно провести декілька серій дослідів на

лабораторних тваринах із метою встановлення оптимального дозування, періодичності та кратності приймання препаратів стабільного йоду для забезпечення максимального ступеня радіаційного захисту за одноразового та тривалого надходження радіоактивних ізотопів йоду до організму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Василенко И. Я. Радиоактивный йод / И. Я. Василенко, О. И. Василенко // Энергия: экономика, техника, экология. – 2003. – № 5. – С. 57–72.
2. Василенко И. Я. Радиационная безопасность изотопов йода / И. Я. Василенко // Атомная энергия, 1987. – Т. 63. – Вып. 4. – С. 244–248.
3. Королев Г. К. Обмен ^{131}I в организме в зависимости от пути поступления и токсическое действие при попадании в органы дыхания / Г. К. Королев // Распределение, кинетика обмена и биологическое действие радиоактивных изотопов йода / [под ред. Л. А. Ильина, Ю. И. Москаleva]. – М. : Медицина, 1970. – С. 36–44.
4. Василенко О. И. Радиационная экология. – М. : Медицина, 2004. – 216 с.
5. Радиоактивный йод в проблеме радиационной безопасности : [под ред. Л. А. Ильина]. – М. : Атомиздат, 1972. – С. 27–30.
6. Радиационные характеристики облученного ядерного топлива: Справочник / В. М. Колобашкин, П. М. Рубцов, П. А. Ружанский, В. Д. Сидоренко. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 374 с.
7. Щитовидная железа. Фундаментальные аспекты / [под ред. проф. А. И. Кубарко и проф. S. Yamashita]. – Минск – Нагасаки, 1998. – 368 с.
8. Лягинская А. М. Короткоживущие изотопы йода (131-135) в условиях радиационной аварии : особенности формирования и распределения поглощенных доз в щитовидной железе, биологические эффекты / А. М. Лягинская, В. А. Осипов // Мед. радиология и радиационная безопасность, 2005. – Т. 50, № 2. – С. 18–26.
9. Классовский Ю. А. Методы и результаты оценки эквивалентной дозы облучения щитовидной железы экспериментальных животных и человека различными изотопами йода и их смесями / Ю. А. Классовский, И. Я. Василенко, М. Ф. Терехов // Радиобиологический эксперимент и человек / Под ред. Ю. И. Москаleva. – М. : Медицина, 1970. – С. 134–143.
10. Публикация 103 (МКРЗ) Рекомендации Международной комиссии по радиационной защите от 2007 года / [пер с англ.] / [под общей ред. М. Ф. Киселёва и Н. К. Шандалы]. – М. : Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. – 344 с.
11. Ильин Л. А. Проблемы йодной профилактики в России в случае возникновения радиационной аварии / Л. А. Ильин, А. М. Лягинская, И. Я. Василенко [и др.] // Медицина катастроф, 2006. – № 1-2 (53-54). – С. 21–26.
12. Бражников М. М. Йод и йодная профилактика / М. М. Бражников, И. И. Кирвель / Метод. пособие. – Минск, БГИУР, 2007. – 26 с.

Рецензенти: **Петрук В. Г.**, д.х.н., професор Вінницького національного технічного університету (м. Вінниця).

© Дрозд І. П., Сова О. А., Шитюк В. А., 2013

Дата надходження статті до редакції 21.04.2013 р.

ДРОЗД Іван Петрович – д.б.н., провідний науковий співробітник відділу радіобіології та радіоекології, старший науковий співробітник, Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ.

Коло наукових інтересів: радіобіологія – кінетика радіонуклідів в організмі, дозоутворення, індивідуальна радіочутливість; радіоекологія – міграція радіонуклідів по біологічних ланцюгах; техногенна та екологічна безпека – методологія управління безпекою на усіх структурних рівнях на основі ризик-орієнтованого підходу; стаїй розвиток; поводження з відходами.

СОВА Олена Анатоліївна – аспірант відділу радіобіології та радіоекології, Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ.

Коло наукових інтересів: радіобіологія – кінетика радіонуклідів в організмі, дозоутворення, цитогенетичні ефекти при опроміненні ссавців.

ШИТЮК Віталій Анатолійович – головний інженер відділу радіобіології та радіоекології, Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ.

Коло наукових інтересів: радіоекологія – спектрометрія радіонуклідів, міграція радіонуклідів по біологічних ланцюгах.