

ДОЗООУТВОРЕННЯ 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 встановлено функції утримання ізотопу в органах, ефективні та біологічні періоди напіввиведення. Розраховано поглинені та ефективні дози опромінення. Встановлено, 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.

Експериментально досліджена кінетика ^{131}I в органах і тканинах лабораторних щурів при однократному пероральному поступленні в організм без попереднього блокування щитоподібної залози і при частковому її блокуванні стабільним йодом. Для обох випадків встановлено функції утримання ізотопу в органах, ефективні та біологічні періоди напіввиведення. Розраховано поглинені та ефективні дози опромінення. Встановлено, що однократне часткове блокування щитоподібної залози не створює очікуваного радіозахисного ефекту. Для ефективного захисту органу від переопромінення необхідний щоденний тривалий прийом стабільного йоду.

Ключевые слова: изотопы йода, кинетика радионуклидов, дозобразование, 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 навколишнє 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 навколишнє 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 вивченню 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. Окремий 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. Щурам-самцям лінії Вістар, початковою масою 200 ± 15 г перорально через зонд

$$q_t = q_0 \times f \times (a \times \exp\left(\frac{-0,693 \times t}{T_{ef1}}\right) + (b \times \exp\left(\frac{-0,693 \times t}{T_{ef2}}\right)), \quad (1)$$

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 виводяться з ефективними періодами напіввиведення відповідно T_{ef1} і T_{ef2} .

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

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

де $k = 1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж/МеВ;

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

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

$$D_{ef} = \sum D_n \times w_n, \quad (3)$$

де w_n – тканинний зважувачий фактор (табл. 1).

одноразово ввели розчин у дистильованій воді натрію йодиду активністю 65,9 кБк на тварину. Для виявлення ефекту часткового блокування ЩЗ окремі групи тварин після відбору крові з хвостової вени хвосту занурювали на 30 с у 5 % -ний спиртовий розчин елементарного стабільного йоду (^{127}I), після чого через 1 год тваринам перорально ввели радіоактивний ізотоп (Na^{131}I) згаданої активності. Тварин умертвляли, згідно з робочим графіком, (через 1, 2, 3, 7 та 14 діб), по 5 тварин на точку з дотриманням вимог ст. 26 Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження». Методом гамма-спектрометрії визначали вміст радіоізотопу в кожному органі та тканині у динаміці проведення експерименту. За питомим умістом йоду в органах і тканинах будували графіки кінетики ^{131}I , за якими, враховуючи, що виведення радіонуклідів із біологічної субстанції описується експоненційною функцією, та використовуючи програмний пакет Origin 8, визначали ефективні періоди напіввиведення. При цьому виведення радіонукліда з органу описували одною чи двома експонентами [3]:

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

Таблиця 1

Значення тканинних зважувачих 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 ЩЗ;

– побудувати та проаналізувати графічні залежності, що характеризують зміну співвідношення поглинених доз за- та без блокування ЩЗ;

– розрахувати ефективну дозу опромінення тварин ^{131}I за одноразового перорального надходження 100 кБк ізотопу в динаміці її формування.

Результати та обговорення. Динаміку експериментально виміряного 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 відображено 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 %.

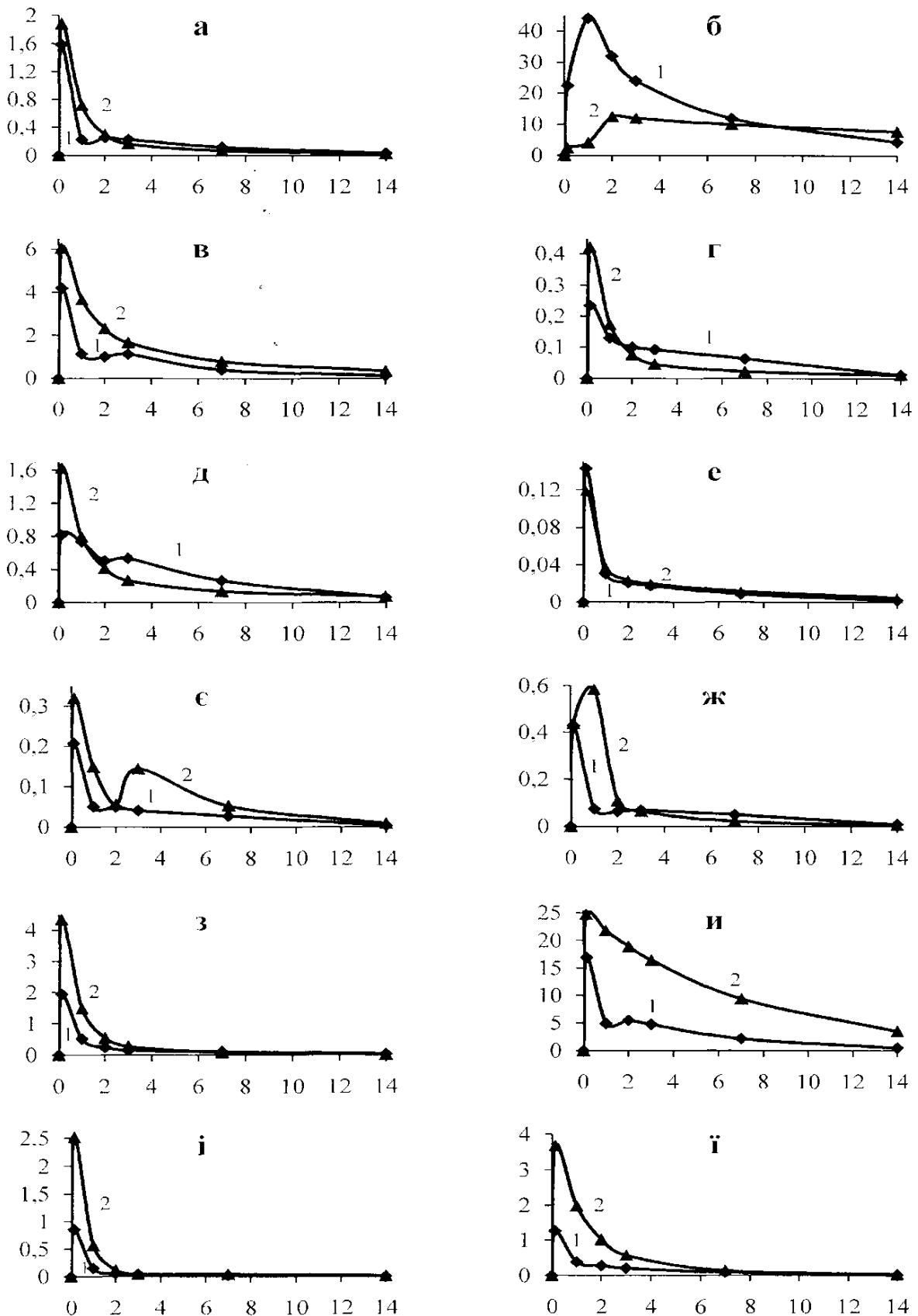


Рис. 1. Кінетика ^{131}I в органах і тканинах лабораторних щурів без (1) та за (2) часткового блокування ЩЗ стабільним йодом. По осі абсцис – термін після надходження ізотопу, доби; по осі ординат – уміст ізотопу, % від введеного. Назви діаграм: а – кров; б – ЩЗ; в – м'язи; г – нирки; д – печінка; е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

Часткове блокування ЩЗ 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 ЩЗ. У заблокованій залозі максимум його накопичення змістився з 1-ї на 2-у добу, а ефективний період напіввиведення зріс із 3,3 дб до 17,3 дб. 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 ЩЗ 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 ЩЗ 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 відбувся подібний перехід. Ми очікували, що у зв'язку з блокуванням ЩЗ 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 ЩЗ 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 ЩЗ на 2-у – 3-ю доби спостерігали значні фазні коливання його вмісту. Однак, найбільший вміст йоду, крім ЩЗ, спостерігали у шкірі, де він, як відомо, депонується, розчиняючись у ліпідах підшкірної клітковини (гіподерми). Причому, за часткового блокування ЩЗ 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 ЩЗ у процесі виведення з неї стабільного йоду.

У табл. 2 наведено математичні вирази, що апроксимують кінетику ^{131}I в органах і тканинах лабораторних шурів, 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 шурів за одноразового надходження до організму 100 кБк ізотопу; q_t – уміст радіонукліду на час t (у добах), % від введеного

Орган чи тканина	Математичний вираз, що описує виведення радіонукліду з органа	
	без блокування ЩЗ	за часткового блокування ЩЗ
кров	$q_t = 2,099 \cdot \exp(-2,233 \cdot t); (0,05 \leq t \leq 2)$ $q_t = 0,344 \cdot \exp(-0,154 \cdot t); (t > 2)$	$q_t = 2,176 \cdot (0,918 \cdot \exp(-1,267 \cdot t) + 0,082 \cdot \exp(-0,135 \cdot t)); (t > 0,05)$
ЩЗ	$q_t = 49,832 \cdot \exp(-0,209 \cdot t); (t > 1)$	$q_t = 13,556 \cdot \exp(-0,04 \cdot t); (t > 2)$
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*	$q_t = 0,55 \cdot (0,77 \cdot \exp(-2,07 \cdot t) + 0,23 \cdot \exp(-0,205 \cdot t)); (t > 0,125)$	$q_t = 3,128 \cdot (0,987 \cdot \exp(-1,76 \cdot t) + 0,013 \cdot \exp(-0,088 \cdot t)); (t > 0,125)$
кишкови́к*	$q_t = 1,58 \cdot (0,76 \cdot \exp(-2,435 \cdot t) + 0,24 \cdot \exp(-0,196 \cdot t)); (t > 0,125)$	$q_t = 4,038 \cdot (0,889 \cdot \exp(-0,806 \cdot t) + 0,111 \cdot \exp(-0,18 \cdot t)); (t > 0,125)$

* стінка

Таблиця 3

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

Орган чи тканина	без блокування ЩЗ		за часткового блокування ЩЗ	
	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
ЩЗ	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'яники	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 ізоотопу 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 відображена на рис. 2. Для більшої наочності на рис. 3 графічно зображено 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 ізоотопу 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 дорівнюватимуть 28 Гр як без блокування органу, так і з таким, тобто радіозахисний ефект від неповного блокування ЩЗ стабільним йодом зійде 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'яниках 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 ізоотопу 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 кишковоки – 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'яниках навпаки, співвідношення між дозами в тварин із заблокованою та незаблокованою ЩЗ, із 2-ї до 28-ї доби після введення ізоотопу 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 ізоотопом ^{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 ізоотопу, 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 ізоотопу 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 ізоотопу по інших органах і тканинах, збільшуючи 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 ізоотопом, 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.

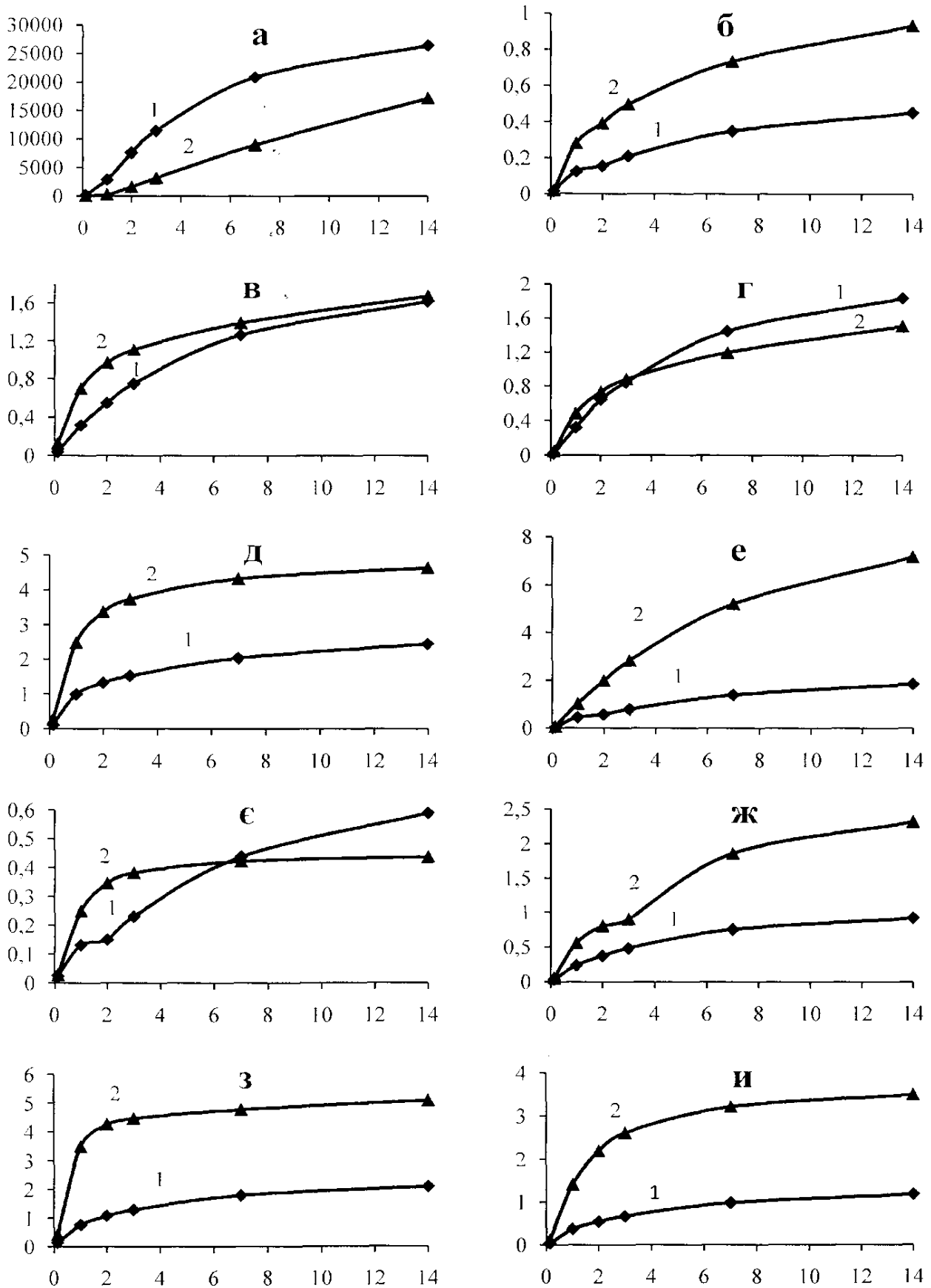


Рис. 2. Особливості формування поглинених доз в органах і тканинах щурів за одноразового перорального надходження 100 кБк ^{131}I без блокування (1) та з частковим блокуванням (2) ЩЗ стабільним йодом. По осі абсцис – термін після надходження ізотопу, доби; по осі ординат – поглинена доза, мГр. Назви 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.

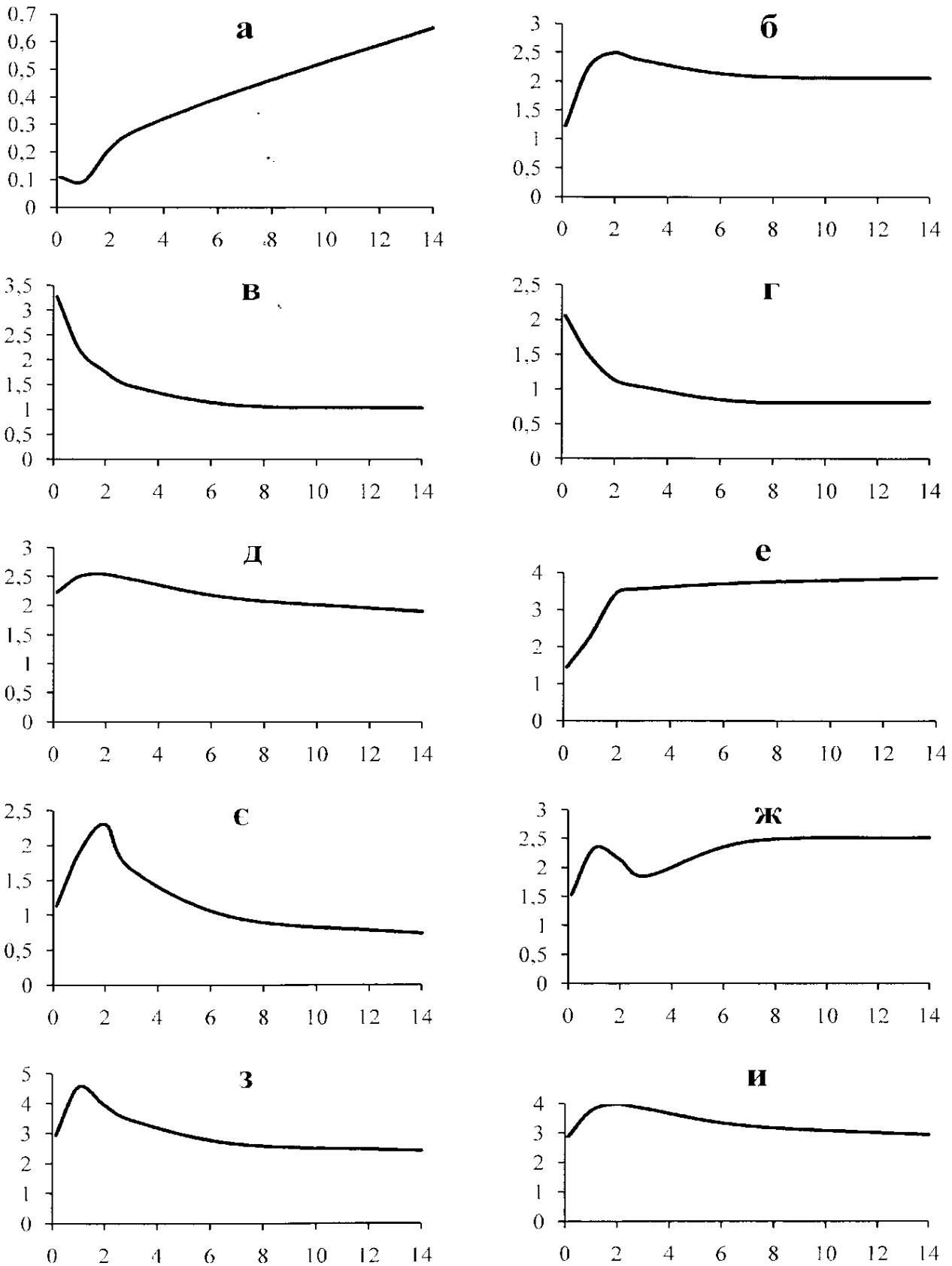


Рис. 3. Динаміка співвідношення поглинених доз в органах і тканинах шкурів за одноразового перорального надходження 100 кБк ^{131}I за та без часткового блокування ЩЗ стабільним йодом. По осі абсцис – термін після надходження ізотопу, доби; по осі ординат – відношення поглиненої в органі дози з блокуванням ЩЗ до такої без блокування, відн. од. 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.

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. Москалева]. – 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}I – ^{135}I) 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. Москалева. – 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 редколегії 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; сталий розвиток; поведіння 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.