

Ю. П. Гриневич^{1*}, А. І. Липська¹, І. П. Дрозд¹,
М. О. Дружина², С. В. Телецька¹, Л. І. Маковецька²

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Інститут експериментальної патології та онкології ім. Р. Є. Кавецького НАН України, Київ, Україна

*Відповідальний автор: radiobiology@kinr.kiev.ua

ФІЗИКО-ХІМІЧНА РЕГУЛЯЦІЯ ПЕРЕКИСНИХ ПРОЦЕСІВ У КРОВІ ЩУРІВ ЗА ДІЇ РАДІОНУКЛІДІВ РІЗНОЇ ТРОПНОСТІ: ¹³¹I ТА ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y

Проведено дослідження динаміки перебігу вільнорадикальних процесів у крові статевозрілих щурів-самців лінії Вістар методом хемілюмінесценції після разового введення ¹³¹I (114,8 кБк) та ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y (113,9 кБк). Установлено, що амплітуда та динаміка змін перекисних процесів були більш вираженими за введення ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y. Виявлено зміни перебігу фізико-хімічної регуляції прооксидантно-антиоксидантного співвідношення на ранніх стадіях впливу зазначених радіонуклідів, що проявлялись у порушенні балансу між рівнем інтенсивності утворення вільних радикалів та ефективністю їхньої елімінації антиоксидантною системою. Відмінності в динаміці перебігу вільнорадикальних процесів у крові щурів, імовірно, обумовлені як ядерно-фізичними, так і біологічними характеристиками радіонуклідів різної тропності.

Ключові слова: вільнорадикальні процеси, хемілюмінесценція, ¹³¹I, ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y, кров, щури лінії Вістар.

1. Вступ

Іонізуюча радіація є потужним ушкоджуючим фактором, в основі дії якого лежить низка взаємопов'язаних процесів: від іонізації та збудження атомів і молекул (фізична стадія) до утворення високореактивних радикалів різної природи (фізико-хімічна стадія), які є ініціаторами подальших змін перекисних процесів у біологічних структурах. Це призводить до порушення характерної для фізіологічної норми рівноваги прооксидантно-антиоксидантного співвідношення, а тим самим і до формування оксидативного стресу. Дисбаланс між кількістю утворених активних форм кисню та рівнем антиоксидантного захисту є одним з основних механізмів ушкоджуючої дії радіації на молекулярному рівні [1 - 3].

У перші дні після Чорнобильської аварії дози навантаження формували короткоіснуючі радіонукліди, найважливішими з яких були радіоактивні ізомери йоду (^{131-133,135}I). Радіоактивний йод, що надходив до організму інгаляційним та пероральним шляхом у ранній післяаварійний період, максимально накопичувався в щитоподібній залозі (ЩЗ), як органі-мішені, та призводив до опромінення й інших органів [4]. У віддалені терміни після аварії основними дозоутворюючими радіонуклідами були ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y.

Маючи неоднакову тропність, радіоізотопи ¹³¹I, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y депонуються в організмі людей і тварин у різних органах і тканинах, спричиняючи тим самим особливий (специфічний)

вплив на процеси метаболізму, зокрема на вільнорадикальні (ВРП), які є первинною фізико-хімічною ланкою в механізмі дії радіації на біологічні структури. Установлено зв'язок інтенсивності перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) з функцією ЩЗ. Показано, що ПОЛ впливає на активність гормонів ЩЗ [5 - 7], які в малих дозах гальмують ПОЛ у тканинах [6, 7]. Трийодтиронін (Т₃) зменшує рівень перекисних процесів у мікросомальній фракції гепатоцитів [5]. Відомо, що ¹³¹I є (β + γ)-випромінювачем з періодом напіврозпаду 8,04 доби та середньою енергією випромінювання 970,8 кеВ, з якої 606,3 кеВ β-випромінювання та 364,5 кеВ γ-випромінювання (81,7 %). Акумуляючись у ЩЗ, ¹³¹I активно впливає на метаболічні процеси всього організму [7]. ⁹⁰Sr є «чистим» β-випромінювачем (E_{ср} = 195,8 кеВ) з періодом напіврозпаду 28,79 років. Він знаходиться в динамічній рівновазі зі своїм дочірнім ізотопом ⁹⁰Y (E_{ср} = 934,8 кеВ), який є також «чистим» β-випромінювачем. ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y депонується в скелеті і створює високі локальні дози, безпосередньо опромінюючи кістковий мозок, чинить негативний вплив на систему крові в цілому [8].

Вивчення змін у системі «ПОЛ – антиоксидантний захист (АОЗ)» у діапазоні малих доз радіації за надходження до організму радіонуклідів досі залишається актуальним напрямком сучасної радіобіології. Наразі недостатньо дослідженим є вплив радіонуклідів різної тропності на ВРП у крові ссавців, а також фізико-хімічні

Ю. П. Гриневич, А. І. Липська, І. П. Дрозд,
М. О. Дружина, С. В. Телецька, Л. І. Маковецька, 2020

механізми їхнього розвитку та регуляції. У цьому аспекті важливим є проведення подальших експериментальних досліджень, а також узагальнення попередніх даних стосовно перебігу ВРП у крові ссавців за дії на організм інкорпорованих радіонуклідів, характерних для аварійного викиду АЕС.

Метою роботи було дослідити особливості розвитку ВРП та механізми їхньої фізико-хімічної регуляції у крові щурів за разового внутрішнього надходження до організму радіонуклідів різної тропності: ^{131}I та $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$.

2. Матеріали та методи досліджень

Експерименти проводили на статевозрілих щурах-самцях лінії Вістар масою 220 ± 30 г, яких утримували на стандартному раціоні. Розчини радіонуклідів тваринам вводили одноразово: натрій йодид (0,2 мл, перорально через зонд) активністю 114,8 кБк/тварину ($n = 30$); стронцій хлорид (0,5 мл, внутрішньоочеревинно) активністю 113,9 кБк/тварину ($n = 40$). Паралельно досліджували контрольних тварин – по 15 для кожної експериментальної групи.

Кров (0,2 мл) для досліджень перекисних процесів відбирали з хвостової вени в динаміці експерименту впродовж 30 діб: на 1, 3, 7, 14, 21 та 1, 3, 7, 14, 21, 28, 30 доби після введення ^{131}I та ^{90}Sr відповідно. Інтенсивність ВРП досліджували в гемолізатах за методом кінетичних хемілюмінесцентних характеристик (ХЛ-тест) [9]. Технічні та фізико-хімічні характеристики показників ХЛ детально описані в [10 - 13]. Результати змін досліджуваних параметрів ХЛ виражали у співвідношенні дослід/контроль.

Вміст ^{131}I в органах і тканинах організму вимірювали γ -спектрометричним методом з використанням Ge(Li) детектора ДГДК-60. Вміст ^{90}Sr в органах і тканинах визначали за методом «товстих» проб [14]. Ефективну дозу ($D_{\text{еф}}$) та розрахунок доз на органи і тканини здійснювали відповідно до [15]. Межа чутливості вимірювальних приладів становить 1,0 Бк.

Статистичну обробку результатів виконували стандартними методами з використанням прикладного програмного пакета MS Excel 2007.

3. Результати та обговорення

Сумарний ефект опромінення організму оцінювали за величиною $D_{\text{еф}}$, що є інтегральним показником і враховує радіаційну чутливість різних органів і тканин. За внутрішнього надходження радіоізотопів ^{131}I і ^{90}Sr динаміку формування ефективної дози показано на рис. 1 і 2 відповідно. Ефективна доза монотонно зростала

впродовж усього експерименту, тоді як її потужність у повній відповідності до вмісту ізотопу в організмі експоненційно зменшувалась (рис. 3 і 4). Причому у випадку одноразового надходження ^{131}I на 22-у добу дозова крива практично виходить на плато, тоді як за введення ^{90}Sr продовжується накопичення дози. Це обумовлено різними періодами напіврозпаду та виведення ізотопів з організму, що має два періоди: короткий та тривалий. Для ^{131}I 70 % його активності виводиться з $T_6 = 0,35$ доби, а 30 % – з $T_6 = 100 - 120$ діб. Короткий період для ^{90}Sr ($T_6 = 2,5 - 8$ діб) зумовлений виведенням з м'яких тканин, тривалий – ($T_6 = 90 - 154$ доби) характеризує виведення радіонукліда зі скелета (85 %) [16].

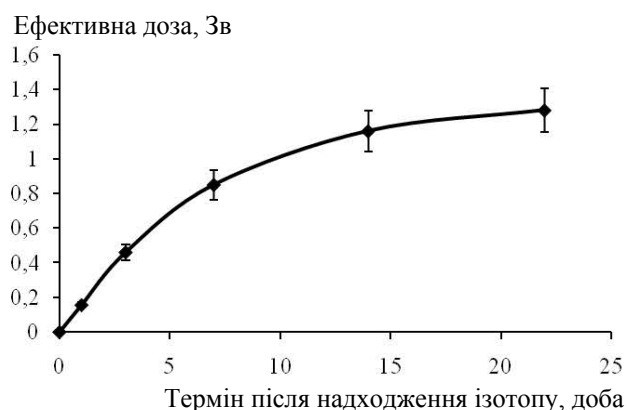


Рис. 1. Формування ефективної дози за разового введення ^{131}I активністю 114,8 кБк на тварину.

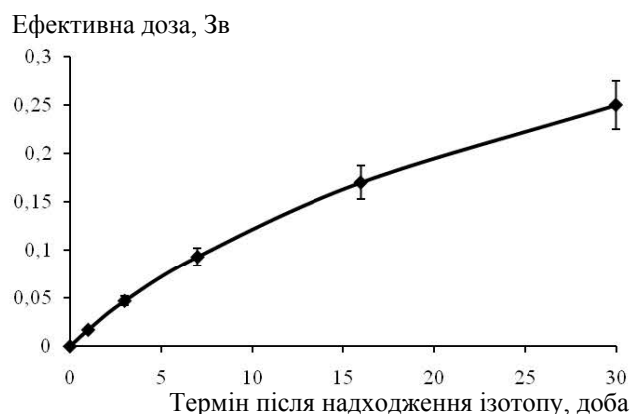


Рис. 2. Формування ефективної дози за разового введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ активністю 113,9 кБк на тварину.

Якщо сумарний ефект опромінення оцінюється $D_{\text{еф}}$, то від величини її потужності значною мірою залежить ступінь ураження та швидкість започаткування репараційних та відновлювальних процесів в організмі. Крім того, величина потужності дози значно впливає на ризики виникнення віддалених наслідків опромінення. Зміну потужності поглиненої дози у кров'яному руслі за надходження радіонуклідів різної тропності показано на рис. 3 і 4 відповідно. Наведені на рисунках графіки демонструють, що потужність

дозы в крові за введення ^{90}Sr знижується значно швидше в порівнянні з ^{131}I . Це відбувається завдяки тому, що ^{90}Sr у кров'яному руслі знаходиться в основному в іонній формі, унаслідок чого надовго не затримується у крові та м'яких тканинах і швидко потрапляє до мінеральної час-

тини (складової) скелета. Динаміка перерозподілу ^{131}I в організмі має свої специфічні особливості, а саме: цей радіонуклід накопичується в ЩЗ та у складі тиреоїдних гормонів знову потрапляє до кров'яного русла, що й зумовлює його тривалу циркуляцію.

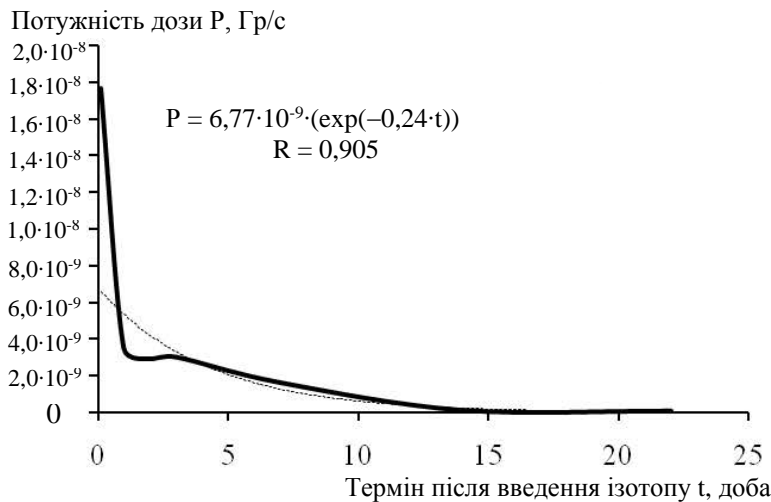


Рис. 3. Потужність дози у кров'яному руслі за разового надходження ^{131}I (..... лінія тренду).

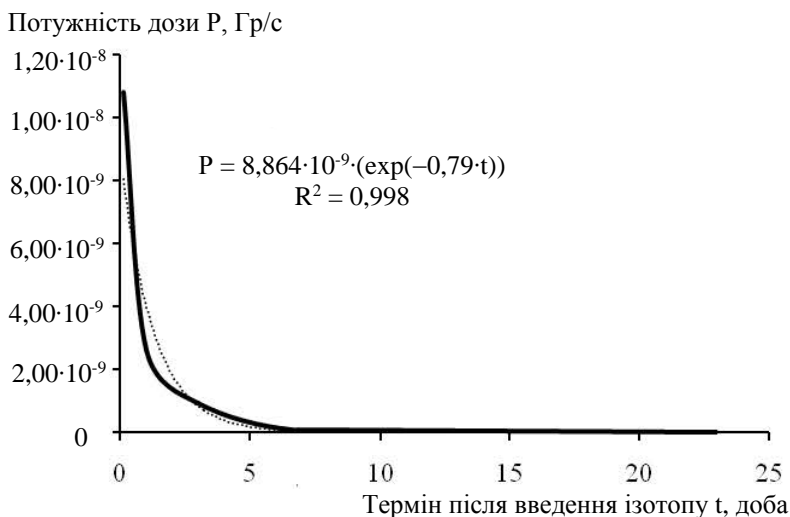


Рис. 4. Потужність дози у кров'яному руслі за разового надходження $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (..... лінія тренду).

Інтенсивність ВРП в органах і тканинах організму характеризується прооксидантно-антиоксидантним співвідношенням, що регулюється ферментативною і неферментативною багатофакторною антиоксидантною системою. Це лабільний інтегральний показник, порушення якого відбувається внаслідок утворення вільних радикалів (ВР) різної природи з найвищою реакційною здатністю при радіолізі води, а саме: гідратованого електрона e_{aq}^- (ефективний відновник), радикалів H^* (відновник) і OH^* (ефективний окисник), супероксидного радикала O_2^{*-} , HO_2^* , H_2O_2 та органічних речовин, що наявні в біологічному середовищі, є однією з найперших провідних ланок у ланцюговому механізмі формування радіаційних структурно-функціональних ушкоджень організму на субклітинному і клітинному рівнях [2].

Динаміку змін ВРП за разового введення 114,8 кБк на тварину ^{131}I та 113,9 кБк на тварину $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ наведено на рис. 5 і 6 відповідно. Аналіз перебігу ВРП та формування $D_{\text{еф}}$ свідчить про відсутність лінійної залежності динамічних змін показників ВРП від дози, що сформувалась за надходження до організму радіонуклідів $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ та ^{131}I за введених активностей (див. рис. 1 і 2 та 5 і 6).

На основі проведеного порівняльно-узагальненого аналізу інтенсивності ВРП за показниками світлосуми світіння (Σ_{300}), загальної кількості утворених ВР ($I_{\text{макс}}$), наявності антиоксидантів (I_k – прикінцева інтенсивність свічення) були виявлені відмінності в перебігу ВРП за дії на організм інкорпорованих радіонуклідів ^{131}I та $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, особливо виражені в перші три доби після введення їх. Амплітуда та динамічні зміни

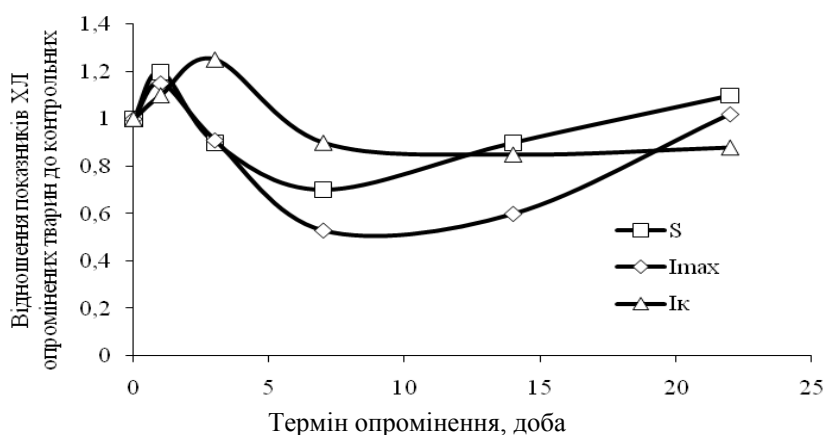


Рис. 5. Динаміка змін світлосуми світіння (S), максимальної (I_{\max}) та прикінцевої (I_k) інтенсивності світіння за разового надходження до організму ^{131}I активністю 114,8 кБк на тварину.

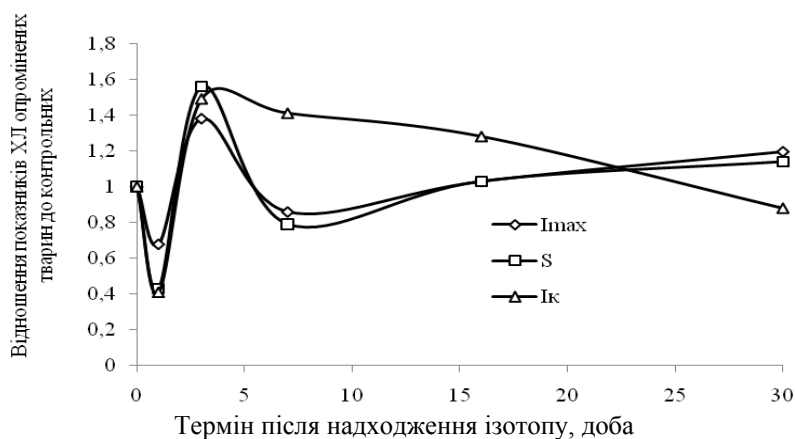


Рис. 6. Динаміка змін світлосуми світіння (S), максимальної (I_{\max}) та прикінцевої (I_k) інтенсивності світіння за разового надходження до організму $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ активністю 113,9 кБк на тварину [10].

перекисних процесів були більш вираженими за введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$. Імовірно, це пов'язано як з ядерно-фізичними властивостями радіонуклідів, так і з концентрацією їх на той час у периферичній крові. Ефективна енергія ^{131}I $E_{\text{еф}} = 0,2$ МеВ/розпад, а енергія ^{90}Sr з дочірнім продуктом розпаду ^{90}Y доволі висока – $E_{\text{еф}} = 1,09$ МеВ/розпад, що й обу-

мовлює більшу ушкоджуючу дію високоенергетичних β -частинок стронцію на біологічні структури. Концентрація $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ у крові на 1-у добу після введення була вищою в 2,4 раза порівняно з ^{131}I (таблиця), що і призводить до більш виражених змін ВРП у крові.

Концентрація радіонуклідів ^{131}I та $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ у крові щурів, Бк/г

Радіонуклід	Термін після введення ізотопу, доба				
	1	3	7	14	21
^{131}I	$63,3 \pm 9,1$	$55,0 \pm 8,3$	$31,4 \pm 5,2$	$5,8 \pm 1,0$	$1,7 \pm 0,3$
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	$151,0 \pm 21,0$	$54,0 \pm 8,0$	$2,0 \pm 0,4$	$< 1,0$ кБ	$< 1,0$ кБ

Крім того, на 1-у добу після введення ізотопу фіксується антибатність змін Σ_{300} , I_{\max} та I_k у тварин дослідних груп: якщо за разового введення ^{131}I інтенсивність перекисних процесів зростала (див. рис. 5), то за введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, навпаки, показники ХЛ досягали мінімальних значень (див. рис. 6). Порушення нормального перебігу фізико-хімічної регуляції прооксидантно-антиоксидантного співвідношення в даний термін реєструється як за введення ^{131}I , так і $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$.

Саме в цей період порушується баланс між кількістю утворених ВР та рівнем їхнього антиоксидантного захисту у крові: зростають кінетичні параметри ХЛ-реакції за введення ^{131}I та зменшуються за введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$. За нормальної регуляції ВРП зростання або зменшення вмісту антиоксидантів (I_k) повинно було б компенсаторно призвести до відповідного зменшення або збільшення прооксидантно-антиоксидантного співвідношення (Σ_{300}) та загальної кількості

утворених ВР ($I_{\text{макс}}$). Тобто вже на цьому етапі формування ранніх радіогенних біологічних, фізіологічних ефектів та біохімічних ушкоджень клітин виявляються особливості впливу радіонуклідів з різними ядерно-фізичними характеристиками на ВРП у крові.

У подальшому (на 3-ю добу експерименту) зменшення амплітуди параметрів ХЛ-реакції (Σ_{300} , $I_{\text{макс}}$) за введення ^{131}I відбувалося на тлі вирівнювання фізико-хімічної регуляції реакції ВРП, а саме зростає вміст антиоксидантів ($I_{\text{к}}$) і, як наслідок, знижується інтенсивність світіння і кількість ВР. Ця закономірність зберігалась до завершення експерименту, хоча після 3-ї доби і відбувалось зниження всіх показників ХЛ-реакції (Σ_{300} , $I_{\text{макс}}$, $I_{\text{к}}$), мінімальні значення яких спостерігали на 7-у добу, і в подальшому рівень показників ХЛ залишався нижчим за контрольні значення. Тобто за даних умов експерименту хоча й не спостерігали нормалізації ВРП у периферичній крові, проте їхня фізико-хімічна регуляція не була порушена.

За введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ на 3-ю добу експерименту відбувалось, навпаки, зростання всіх кінетичних параметрів ХЛ-реакції і досягнення ними максимальних значень. У подальшому на 7-у добу експерименту реєстрували мінімальні значення Σ_{300} і $I_{\text{макс}}$ (як і за введення ^{131}I), що були нижче контрольних. Саме в цей період (3-я – 7-а доби) за введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ спостерігається нормалізація перебігу фізико-хімічної регуляції ВРП на фоні підвищеного (на 40 % відносно контролю) вмісту антиоксидантів у крові ($I_{\text{к}}$), яка зберігалась до завершення експерименту (30-а доба).

Після 15-ї доби реєстрували відновлення до контрольних рівнів прооксидантно-антиоксидантного співвідношення. У дані терміни спостереження активність $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ у циркулюючій крові (див. таблицю) знаходилась у межах чутливості вимірювального приладу. Необхідно зазначити, що завдяки повільному виведенню $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ із скелета тварин, продовжується низькоінтенсивний системний вплив β -частинок на рівні організму, який, проте, не призводить до порушень у системі фізико-хімічної регуляції ВРП на 30-у добу спостереження.

Початок відновлення ВРП за введення ^{131}I реєструється у більш ранні терміни (3-я доба), ніж за введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (15-а доба), хоча присутність радіонуклідів йоду реєстрували у крові

впродовж 15 діб (див. таблицю). Водночас за введення ^{131}I з 7-ї по 15-у добу рівень показників ХЛ був нижчим за контрольні значення. Цікавим є факт вищого вмісту антиоксидантів у крові щурів за введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, ніж за введення ^{131}I .

4. Висновки

Установлено відсутність прямої залежності змін вільнорадикальних (перекисних) процесів від ефективної дози в досліджуваному діапазоні доз. Фізико-хімічна регуляція ВРП за внутрішнього опромінення інкорпорованими радіонуклідами різної тропності відбувається як коливальний процес, обумовлений варіаціями параметрів функціональної активності антиоксидантної системи, і характеризується антибатністю прооксидантно-антиоксидантного співвідношення (Σ_{300}), загальної кількості утворених вільних радикалів ($I_{\text{макс}}$) та антиоксидантів ($I_{\text{к}}$) на ранніх етапах дії радіонуклідів. Так, якщо на 1-у добу після разового введення ^{131}I інтенсивність показників ХЛ-реакції у крові тварин зростала (Σ_{300} , $I_{\text{макс}}$ та $I_{\text{к}}$), то за введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ вони досягали мінімальних значень.

Зміни перебігу фізико-хімічної регуляції ВРП найбільш виражені на ранніх етапах дії іонізуючої радіації (за наявності відносно великих активностей радіонуклідів у крові) і проявляються в односпрямованості змін показників ХЛ-реакції (Σ_{300} , $I_{\text{макс}}$, та $I_{\text{к}}$) у дослідних групах тварин, що свідчить про порушення балансу між процесами утворення ВР у крові та активністю антиоксидантної системи і вказує на те, що саме на цій стадії взаємодії радіонуклідів різних ядерно-фізичних характеристик з біологічними структурами відбуваються вагомні зміни в синтезі та катаболізмі антиоксидантів. За введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, порівняно з ^{131}I , спостерігали більш високі рівні антиоксидантів у крові.

Зареєстровано виразніші фазні зміни окисного гомеостазу тварин за введення радіонуклідів $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, ніж ^{131}I . Процеси відновлення ВРП за надходження ^{131}I відбувались у більш ранні терміни.

Відмінності в інтенсивності та динаміці перебігу ВРП у крові щурів за введення $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ та ^{131}I обумовлені як їхніми ядерно-фізичними властивостями, так і особливостями біологічної дії радіонуклідів різної тропності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J.M. Jutteridge, B. Hallwell. Free radicals and antioxidants in the year 2000. A historical look to future. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 899 (2000) 136.
2. Б.И. Поливода, В.В. Конев, Г.А. Попов. *Биофизические аспекты радиационного поражения биомембран.* (Москва: Энергоатомиздат, 1990) 160 с.

3. J. Moskovitz, M.B. Vim, P.B. Clock. Free radicals and diseases. *Archive Biochem. Biophys.* 2(397) (2002) 354.
4. А.М. Лягинская, В.А. Осипов. Короткоживущие изотопы йода ($^{131-135}\text{I}$) в условиях радиационной аварии: особенности формирования и распределения поглощенных доз в щитовидной железе, биологические эффекты. *Мед. радиология и радиационная безопасность* 2 (2005) 18.
5. С.А. Fitch, Y. Song, C.W. Levenson. Developmental regulation of hepatic ceruloplasmin mRNA and serum activity. *Proc. of the Soc. for Experimental Biology and Medicine* 221 (1999) 27.
6. А.Р. Bozhko, I.V. Gorodetskaia, А.Р. Solodkov. Restriction of stress-induced activation of lipid peroxidation by small doses of thyroid hormones. *Bull. Exp. Biol. Med.* 109 (1990) 539.
7. О.Ф. Мисник. Особливості характеру зв'язку щитовидної залози, гемостазу і пероксидного окислення ліпідів. *ScienceRise. Біологічні науки* 11(6) (2015) 51.
8. Н.К. Родіонова та ін. Особливості змін системи кістково-мозкового кровотворення у тварин за одноразового введення ^{90}Sr . *Ядерна фізика та енергетика* 2(10) (2003) 117.
9. Я.И. Серкиз, Н.А. Дружина, А.П. Хриенко. *Хемилюминесценция крови при радиационном воздействии*. (К.: Наук. думка, 1989) 176 с.
10. Л.І. Маковецька, Ю.П. Гриневич, І.П. Дрозд. Перекисні процеси у крові тварин за разового надходження до організму $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$. *Ядерна фізика та енергетика* 3(25) (2008) 80.
11. Е.Н. Кухтина, В.В. Наумов, Н.Г. Храпова. Особенности хемилюминесцентного метода определения активности природных антиоксидантов. Теоретические и методические основы биохемилюминесценции. В кн.: Матер. симп. Биохемилюминесценции в медицине и сельском хозяйстве (Москва: Наука, 1986) с. 56.
12. Ю.П. Гриневич та ін. Інтегральна оцінка системи окисного метаболізму за тривалого внутрішнього надходження до організму щурів ^{131}I . *Ядерна фізика та енергетика* 16(3) (2015) 273.
13. Ю.П. Гриневич та ін. Перекисні процеси у крові тварин за разового введення різних активностей ^{131}I . *Ядерна фізика та енергетика* 15(4) (2014) 353.
14. А.І. Липська, І.П. Дрозд. Формування доз опромінення за перорального надходження стронцію до організму щурів. *Проблеми Чорнобильської зони відчуження* 8 (2006) 169.
15. И.П. Дрозд, А.И. Липская. *Облучение лабораторных крыс. Формирование дозы и реакция организма* (Deutschland, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014) 217 с.
16. В.А. Баженов и др. *Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества*: Справ. изд. (Ленинград: Химия, 1990) 464 с.

Ю. П. Гриневич^{1,*}, А. И. Липская¹, И. П. Дрозд¹,
Н. А. Дружина², С. В. Телецкая¹, Л. И. Маковецкая²

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Інститут експериментальної патології та онкології ім. Р. Е. Кавецького НАН України, Київ, Україна

*Ответственный автор: radiobiology@kinr.kiev.ua

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ПЕРЕКИСНЫХ ПРОЦЕССОВ В КРОВИ КРЫС ПРИ ДЕЙСТВИИ РАДИОНУКЛИДОВ РАЗЛИЧНОЙ ТРОПНОСТИ: ^{131}I И $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$

Проведено дослідження динаміки протекання свободнорадикальних процесів в крові половозрілих крыс-самців лінії Wistar методом хемилюмінесценції після разового введення ^{131}I (114,8 кБк) і $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (113,9 кБк). Виявлені зміни течення фізико-хімічної регуляції прооксидантно-антиоксидантного співвідношення на ранніх стадіях впливу вказаних радіонуклідів, які проявлялись в порушенні балансу між рівнем інтенсивності утворення свободних радикалів і ефективністю їх елімінації антиоксидантною системою. Відміння в динаміці протекання свободнорадикальних процесів в крові крыс, очевидно, обумовлені ядерно-фізичними і біологічними характеристиками радіонуклідів різної тропності.

Ключевые слова: хемилюминесценция, свободнорадикальные процессы, ^{131}I , $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, кровь, крысы-самцы линии Вистар.

Yu. P. Grynevych^{1,*}, A. I. Lypska¹, I. P. Drozd¹,
N. O. Druzhyna², S. V. Teletskaya¹, L. I. Makovetska²

¹ Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² R. E. Kavetsky Institute of Experimental Pathology and Oncology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: radiobiology@kinr.kiev.ua

PHYSICO-CHEMICAL REGULATION OF PEROXIDATION PROCESSES IN RATS' BLOOD AFTER INCORPORATION OF RADIONUCLIDES WITH DIFFERENT TROPISM: ^{131}I AND $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$

The dynamics of free radical processes in the blood of mature male Wistar rats were studied by chemiluminescence after a single injection of ^{131}I (114.8 kBq) and $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (113.9 kBq). Changes in the course of the physicochemical

regulation of the prooxidant-antioxidant ratio in the early stages of the influence of these radionuclides, which were manifested in the imbalance between the level of intensity of the formation of free radicals and the efficiency of their elimination by the antioxidant system, were revealed. The differences in the dynamics of free radical processes in the blood of rats are obviously due to the nuclear-physical and biological characteristics of radionuclides of various tropics.

Keywords: chemiluminescence, free radical processes, ^{131}I , ^{90}Sr + ^{90}Y , blood, Wistar line male rats.

REFERENCES

1. J.M. Jutteridge, B. Hallwell. Free radicals and antioxidants in the year 2000. A historical look to future. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 899 (2000) 136.
2. B.I. Polivoda, V.V. Koniev, G.A. Popov. *Biophysical Aspects of Biomembranes Radiation Damage* (Moskva: Energoatomizdat, 1990) 160 p. (Rus)
3. J. Moskovitz, M.B. Vim, P.B. Clock. Free radicals and diseases. *Archive Biochem. Biophys.* 2(397) (2002) 354.
4. A.M. Lyaginskaya, V.A. Osipov. Short-lived isotopes of iodine ($^{131-135}\text{I}$) in a radiation accident: features of the formation and distribution of absorbed doses in the thyroid gland, biological effects. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* 2 (2005) 18 (Rus).
5. C.A. Fitch, Y. Song, C.W. Levenson. Developmental regulation of hepatic ceruloplasmin mRNA and serum activity. *Proc. of the Soc. for Experimental Biology and Medicine* 221 (1999) 27.
6. A.P. Bozhko, I.V. Gorodetskaia, A.P. Solodkov. Restriction of stress-induced activation of lipid peroxidation by small doses of thyroid hormones. *Bull. Exp. Biol. Med.* 109 (1990) 539.
7. O.F. Mysnyk. Thyroid communication characteristics, hemostasis, and lipid peroxidation. *ScienceRise. Biologichni Nauky* 11(6) (2015) 51. (Ukr)
8. N.K. Rodionova et al. The peculiarities of the changes in medullar hematopoetic system of animals exposed to internal irradiation with ^{90}Sr . *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 2(10) (2003) 117. (Ukr)
9. Ya.I. Serkiz, N.A. Druzhina, A.P. Khrienko. *Chemiluminescence of Blood in Radiation Impact* (Kyiv: Naukova Dumka, 1989) 176 p. (Rus.)
10. L.I. Makovetska, Yu.P. Grinevich, I.P. Drozd. Lipid peroxidation in the rat blood under the single alimentary incorporation of ^{90}Sr + ^{90}Y . *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 3(25) (2008) 80. (Ukr)
11. E.N. Kukhtina, V.V. Naumov, N.G. Khrapova. Features of the chemiluminescent method for determining the activity of natural antioxidants. Theoretical and methodological foundations of biochemiluminescence. In: Proc. of the Symp. Biochemiluminescence in Medicine and Agriculture (Moskva: Nauka, 1986) p. 56. (Rus)
12. Yu.P. Grynevych et al. Integral assessment of oxidative metabolism during long-term domestic revenue ^{131}I in rats. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 16(3) (2015) 273. (Ukr)
13. Yu.P. Grynevych et al. Lipid peroxidation in rat blood following a single administration of different active ^{131}I . *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 15(4) (2014) 353. (Ukr)
14. A.I. Lypska, I.P. Drozd. The formation of radiation doses with the oral intake of strontium in rats. *Problemy Chornobyl's'koyi Zony Vidchuzhennya* 8 (2006) 169. (Ukr)
15. I.P. Drozd, A.I. Lipskaya. *Irradiation of Laboratory Rats. Dose Formation and Body Response* (Deutschland, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014) 217 p. (Rus)
16. V.A. Bazhenov et al. *Harmful Chemicals. Radioactive Substances* (Leningrad: Chimiya, 1990) 464 p. (Rus)

Надійшла / Received 10.07.2019