

УДК 539.163:616–006:615

ДОЗОВІ ЗАЛЕЖНОСТІ РЕАКЦІЇ–ВІДПОВІДІ ОРГАНІЗМУ ЩУРІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЛІПІДНОГО ОБМІНУ ПРИ НАДХОДЖЕННІ РАДІОНУКЛІДІВ ^{137}Cs І ^{90}Sr

Липська А. І., Серкіз Я. І.

Дозові залежності реакції–відповіді організму щурів за показниками ліпідного обміну при надходженні радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr . — А. І. Липська, Я. І. Серкіз. — Встановлено, що тривале надходження до організму щурів радіоактивних ізотопів ^{137}Cs і ^{90}Sr за рівних ефективних доз викликає більшу реакцію тварин, ніж одноразове надходження радіонуклідів, яке у свою чергу є більш біологічно ефективним, ніж одноразове зовнішнє опромінення. Реакція–відповідь організму для основних учасників пероксидації ліпідів (холестерин, тригліцериди, фосфоліпіди та ліпопротеїни різної щільності) лінійно залежить від логарифму дози радіації.

Ключові слова: радіоізотопи ^{137}Cs і ^{90}Sr , щури, зовнішнє опромінення, одноразове і тривале опромінення, пероксидація ліпідів, реакція–відповідь організму.

Адреса: Інститут ядерних досліджень НАН України, пр. Науки 47, м. Київ, 03680, Україна.

Dose dependence of the reaction–response of rat's organism by index lipids metabolism after intake radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr . — A. Lypska, Ya. Serkiz. — The reaction–response of organism on ionizing radiation are determined according to the dynamic of peroxidation indexes in blood plasma of rats. It is stated that the continuously intake to organism of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr is most critical for the organism at the equal absorbed doses of the radiation than the single external total irradiation of animals by γ - quanta of ^{137}Cs . It is obtained that the reaction–response of organism for the main participants of lipids peroxidation (cholesterol, triglyceride and phospholipids and lipoproteins with different density) have linear dependence from dose logarithm of ionizing radiation.

Keywords: radioactive isotopes ^{137}Cs and ^{90}Sr , external irradiation, rats, single and prolonged intake, peroxidation of lipids, reaction–response of organism.

Address: Institute for Nuclear Research National Academy of Sciences of Ukraine Prospekt Nauky 47, Kyiv, 03680, Ukraine

Вступ

Залежність "доза–час–ефект" є основною характеристикою оцінки величини дії радіаційного фактора на живі істоти, їх угруповання, популяції, тощо. В радіобіології тварин така оцінка проводиться давно. Однак, у переважній більшості випадків за певних причин результати дослідження даної залежності мають істотну похибку, що призводить до неоднозначної інтерпретації біологічних ефектів. Такими причинами, які здебільшого не беруться до уваги дослідниками, є: неврахування характеру розподілу величини радіочутливості тварин, який має місце навіть у групах лінійних тварин; недостатньо коректний дозиметричний супровід експериментів, що особливо має місце за короткочасового і тривалого надходження невеликої кількості радіонуклідів до організму, що проявляється великою похибкою визначення внутрішнього компонента дози; неврахування тривалості радіогенних змін досліджуваних біологічних показників, а обмеження даних лише величиною їх амплітуди в максимумі індукованих радіацією змін.

Зазначені три основні причини у сукупності не дозволяють отримати об'єктивну радіобіологічну залежність "доза–час–ефект", а значить і надати коректну інтерпретацію формування і реалізації

радіобіологічних ефектів в динаміці внутрішнього опромінення тварин.

Водночас, аналіз даних наукової літератури в галузі радіобіології вказує на наявність розроблених методичних підходів, направлених на істотне зниження похибки оцінки досліджуваної залежності.

Так, нами запропоновано методіку кінетичних хемілюмінесцентних характеристик для прижиттєвої оцінки величини радіочутливості тварин за величиною індукованої хемілюмінесценції крові інтактних тварин [1]. Ці дані пропонується використовувати як вихідні для попереднього розподілу тварин перед радіобіологічним експериментом за величиною їх групової радіочутливості. Застосування методіки робить можливою диференціацію ефектів у залежності від величини радіочутливості тварин.

Для зниження похибки визначення величини доз внутрішнього опромінення тварин за тривалого надходження радіонуклідів до організму нами вперше використані багатокамерні моделі кінетики ізотопів ^{137}Cs і ^{90}Sr [2,3]. Їх використання дозволяє визначити як уточнені поглинені дози в органах і тканинах так і ефективні дози на все тіло, що надає можливість більш коректного співставлення величини радіаційних навантажень і викликаних ними біологічних ефектів.

Третьою причиною, що істотним чином збільшує неоднозначність розуміння дослідниками суті поняття "величини" реєстрованих при радіаційно-індукованих ефектів в експерименті чи при медичних обстеженнях у людини. Як правило, дослідники враховують лише величину амплітуди у максимумі ініційованих змін, або динаміку їх при обмеженні кількості спостережень під час або після закінчення експозиції.

Однак, результати досліджень ряду авторів показали, що таким чином визначена величина ефектів не відповідає реальній ні за ранніми післярадіаційними змінами ні за віддаленими наслідками опромінення тварин [4, 5].

Виходячи із зазначеного, дана робота присвячена експериментальному пошуку відповідного показника та науковому обґрунтуванню доцільності його використання для конкретної оцінки величини радіогенних змін з метою більш об'єктивного тлумачення основної радіобіологічної залежності "доза-час-ефект".

Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження слугували лабораторні щури лінії Вістар. Як один із найбільш вивчених видів експериментальних тварин, що дозволяє широке порівняння результатів власних досліджень із даними наукової літератури.

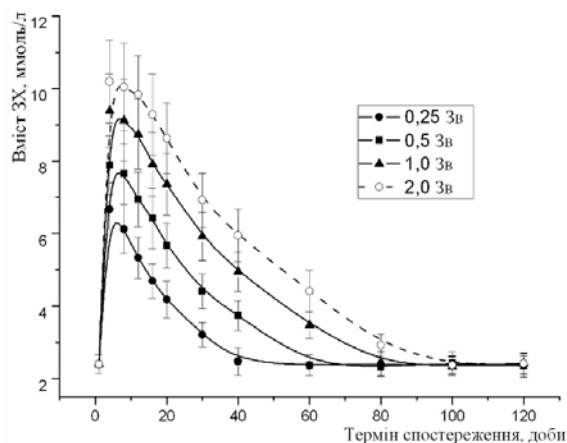
Предметом дослідження було експериментальне визначення величини реакції-відповіді організму (РВО) на дію радіаційних чинників за 3-х режимів опромінення тварин: одноразового зовнішнього (ОЗО) γ -квантами ^{137}Cs , короткочасового внутрішнього (КВО) при одноразовому надходженні до організму радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr та тривалого внутрішнього (ТВО) при надходженні до організму тих же ізотопів.

Діапазон досліджуваних ефективних доз склав 0,1–2,0 Зв. РВО визначали як модуль інтегралу радіогенних змін біологічних показників за час їх існування під час та після опромінення тварин. В якості біологічних показників досліджували основні класи ліпідів плазми крові (ПК) тварин: загальний холестерин (ЗХ) [6], тригліцериди (ТГ) [7], фосфоліпіди (ФЛ) [8]; ліпопротеїни ПК як транспортні їх структури [9] – ліпопротеїни наднизької щільності (ЛННЩ), низької щільності (ЛНЩ) та високої щільності (ЛВЩ).

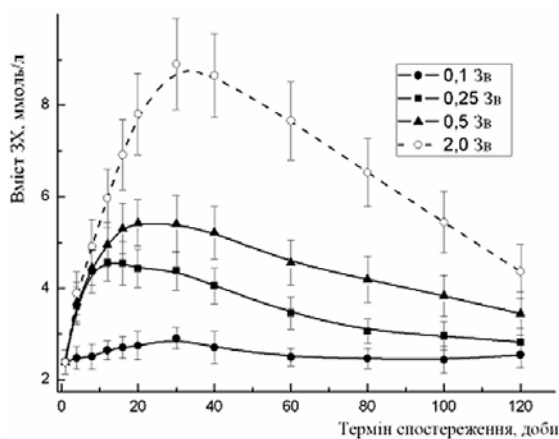
Результати досліджень опрацьовані статистично за допомогою стандартних варіаційних методів із використанням прикладних програм Microsoft Excel.

Результати досліджень та їх обговорення

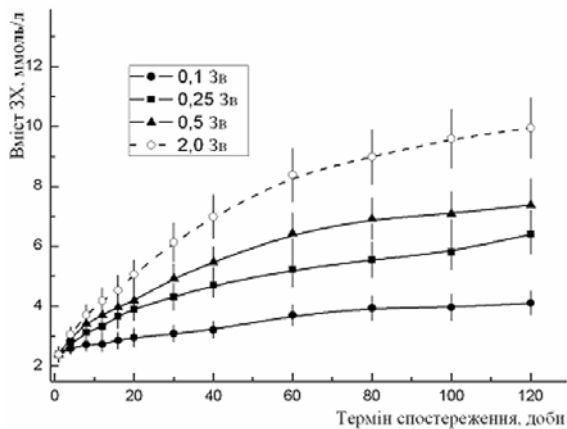
Вибір біологічних показників для оцінки величини РВО на дію різних радіаційних чинників та режимів опромінення тварин ми аргументуємо наступним. Серед радіаційно чутливих мішеней особливої уваги заслуговує мембранна. Радіаційно індуковані ушкодження мембранного комплексу клітин, де найбільш уразливими компонентами є ліпіди, вільнорадикальне



а



б



в

Рис. 1. Динаміка вмісту загального холестерину (ЗХ) у плазмі крові після: а – одноразового зовнішнього опромінення щурів γ -квантами; б – одноразового надходження до організму щурів сукупності радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr ; в – за тривалого надходження до організму щурів радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr

Fig. 1. Dynamic of cholesterol content in blood plasma after [a] – single external irradiation of rats by γ -quanta; [b] – single intake to the organism of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ; [c] – prolonged intake to the organism of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr

окиснення яких здійснюється із найбільшою інтенсивністю у порівнянні із білками та вуглеводами, є доказаною на сьогодні фундаментальною основою для пояснення величини впливу радіації на організм. Отже, зазначене засвідчує доцільність використання показників ліпідного обміну і ПОЛ для оцінки величини РВО як критерію біологічної ефективності різних режимів опромінення тварин.

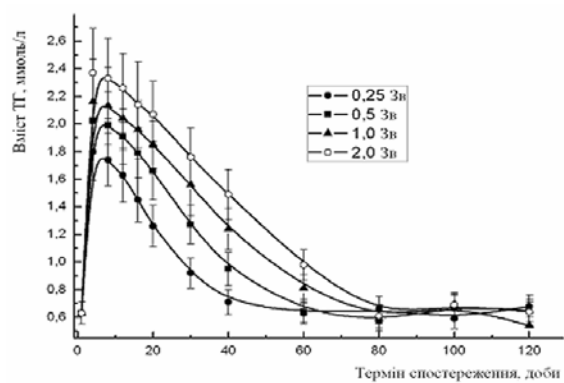
Радіогенні зміни вмісту різних класів ліпідів за 3-х режимів опромінення тварин мають характерну динаміку. Для ЗХ (рис. 1) притаманним є дозозалежне збільшення його вмісту в ПК. Для ТГ (рис. 2) спостерігаються аналогічні зміни. Зміни вмісту ФЛ (рис. 3) у ПК супроводжуються мінімумом значень. Загальною закономірністю є наступне: ОЗО (рис. 1, а) викликає екстремальні зміни уже в перші доби після експозиції; КВО (рис. 1, б) також ініціює утворення екстремуму (максимуму для ЗХ і ТГ і мінімуму для ФЛ), місцезнаходження якого на часовій вісі залежить від величини $D_{эф}$; ТВО викликає поступове збільшення радіогенних змін вмісту ліпідів відповідно зі збільшенням $D_{эф}$. У подальші терміни показники приходять до норми при малих $D_{эф}$ і утримуються на високому рівні за сублетальних доз опромінення. При однакових $D_{эф}$ спостерігається наступне співвідношення величини радіогенних змін в їх екстремумі при досліджуваних 3-х режимах опромінення: ОЗО > КВО > ТВО.

Різні режими опромінення тварин викликають також радіаційноіндуковані зміни вмісту ліпопротеїнів у ПК, що виконують транспортування основних класів ліпідів із місця їх синтезу в депо та до органів і тканин, де вони безпосередньо використовуються.

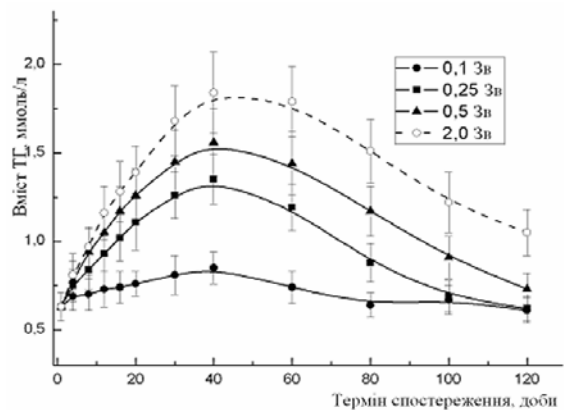
Далі наводимо результати динаміки радіогенних змін ЛП у ПК за 3-х режимів опромінення. КВО призводить до збільшення вмісту ЛННЩ у ПК тварин (рис. 4). Показник сягає максимальних значень у терміни 60; 60; 40 і 30 діб за доз відповідно 0,1; 0,25; 0,5 та 2,0 Зв. Тільки тривалий термін, за який досягається максимальний вміст ЛННЩ у ПК при менших дозах (0,10–0,25 Зв) може бути зумовлений недостатнім включенням репараційних систем, що не дозволяє повноцінно обмежити радіаційно ініційований процес зростання вмісту цієї фракції ліпопротеїнів.

У подальші терміни величина показника приходять до норми за експоненційною залежністю. За більших $D_{эф}$ (0,5 та 2,0 Зв) на 120 добу після надходження радіонуклідів до організму значення показника не встигає повернутися до норми, за нашою оцінкою терміни повернення становлять 120 і 150 діб для доз відповідно 0,5 Зв і 2,0 Зв. ТВО викликає поступове збільшення вмісту ЛННЩ у ПК (рис. 4, в), що у наближенні відповідає логарифмічній функції. Це є характерним для усіх використаних нами $D_{эф}$.

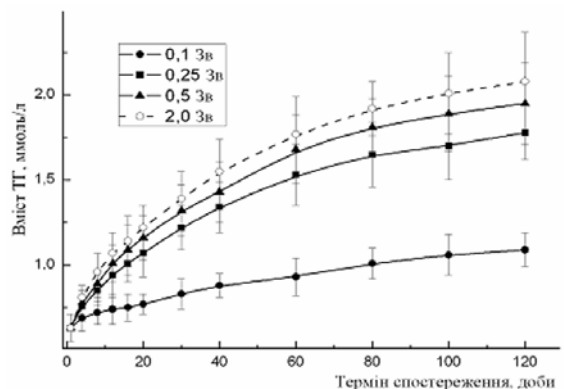
За усіх режимів опромінення тварин спостерігається зниження вмісту ФЛ у ПК за характерною динамікою із мінімумом функції на 4-ту добу після дії ОЗО. КВО призводить до відповідних мінімальних значень ФЛ на 30-ту добу. Час настання максимуму радіогенних змін не залежить від $D_{эф}$, надалі



а



б



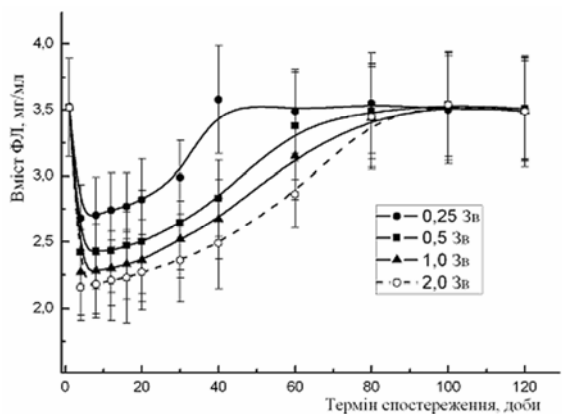
в

Рис. 2. Динаміка вмісту тригліцеридів (ТГ) у плазмі крові після: а – одноразового зовнішнього опромінення щурів γ -квантами; б – одноразового надходження до організму щурів сукупності радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr ; в – за тривалого надходження до організму щурів радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr

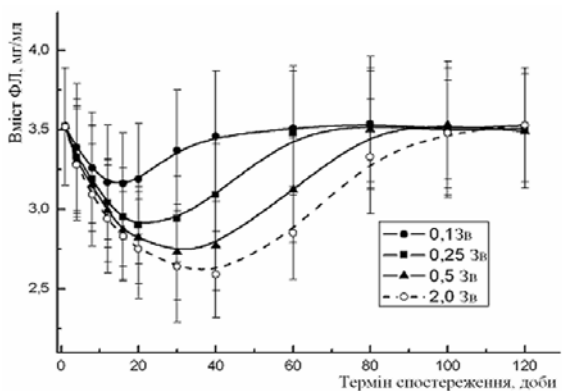
Fig. 2. Dynamic of triglyceride content in blood plasma after [a] – single external irradiation of rats by γ -quanta; [b] – single intake to the organism of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ; [c] – prolonged intake to the organism of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr

відбувається експоненціальне збільшення вмісту ЛВЩ у ПК. Повернення величини показника до контрольних значень відбувається через 20, 30, 50 і 70 діб після досягнення мінімуму для $D_{эф}$ відповідно

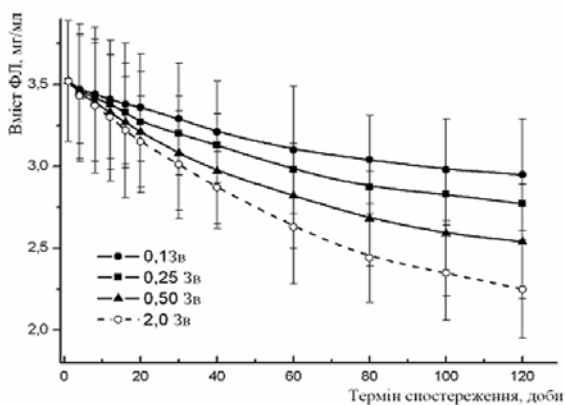
0,25; 0,5; 1,0 та 2,0 Зв. ТВО також призводить до зниження вмісту ЛВЩ у ПК експонованих тварин, яке реалізується за логарифмічною залежністю.



а



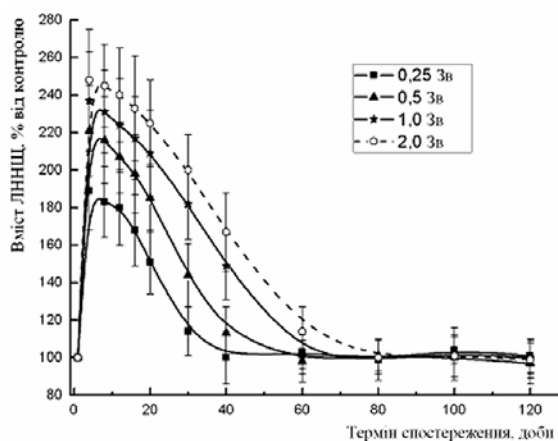
б



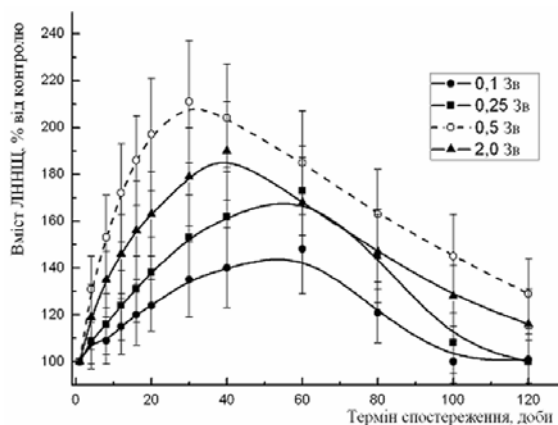
в

Рис. 3. Динаміка вмісту фосфоліпідів (ФЛ) у плазмі крові після: а – одноразового зовнішнього опромінення щурів γ -квантами; б – одноразового надходження до організму щурів сукупності радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr ; в – за тривалого надходження до організму щурів радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr

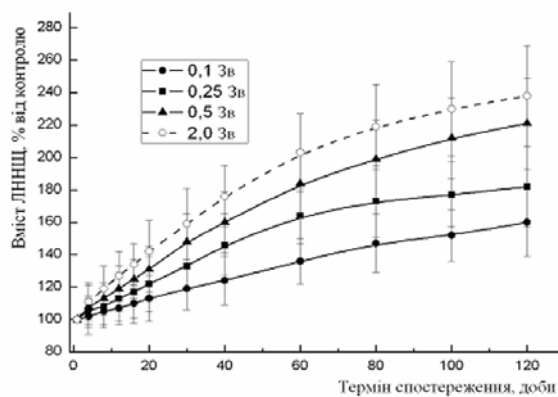
Fig. 3. Dynamic of phospholipids content in blood plasma after: [a] – single external irradiation of rats by γ -quanta; [b] – single intake to the organism of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ; [c] – prolonged intake to the organism of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr



а



б



в

Рис. 4. Динаміка вмісту ліпопротеїнів наднизької щільності (ЛННЩ) у плазмі крові після: а – одноразового зовнішнього опромінення щурів γ -квантами; б – одноразового надходження до організму щурів сукупності радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr ; в – за тривалого надходження до організму щурів радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr

Fig. 4. Dynamic of ultra low density lipoprotein content in blood plasma after: [a] – single external irradiation of rats by γ -quanta; [b] – single intake to the organism of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ; [c] – prolonged intake to the organism of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr

Амплітуда значень досліджуваних в роботі біологічних показників у максимумі радіогенних змін, – а саме цей критерій, як правило, використовується дослідниками для оцінки величини біологічних ефектів, – збільшується зі скороченням тривалості опромінення тварин. Співвідношення амплітуд при 3-х досліджуваних нами режимах експозиції є наступним: ОЗО>КВО>ТВО при рівних ефективних дозах (D_{ef}). Ці результати підтверджують існуючі літературні дані. Наведені факти, як вважалось, були основою ствердження про те, що одноразове опромінення є більш біологічно ефективним за тривале. Іншими словами усяке "розтягування" у часі реалізації однієї і тієї ж дози призводить до зниження величини біологічних ефектів.

З нашої точки зору дане ствердження є недостатньо обґрунтованим. Однією із задач нашого дослідження є отримання експериментальних доказів про хибність цього положення.

В науковій літературі є немало аргументів на користь того, що більш тривала дія різних чинників є більш небезпечною для організму, ніж короткочасова чи миттєва. Так, вплив тривалого стресу будь-якої природи часто призводить до започаткування патологічних процесів. Тривала нестача в організмі життєво необхідних речовин призводить до таких же наслідків у порівнянні з повним вилученням їх із раціону на короткий термін. Яскравим прикладом цьому може також слугувати принцип стародавньої "японської" тортури, яка полягає у періодичному капанні невеликої кількості води (150 мл) в одну і ту ж точку поверхні фіксованого у просторі тіла. При цьому людина не витримує такого навантаження, на відміну від короткочасової дії такої ж кількості води. Причиною цьому, очевидно, є особливості порушення найбільш важливої в організмі взаємопов'язаної системної нейро-імунно-ендокринної регуляції за тривалої дії чинників.

Поняття реакція–відповідь організму на дію радіаційних чинників, яке ми пропонуємо, згідно його суті враховує як амплітуду радіаційно індукованих змін так і, що є найбільш важливим, тривалість їх існування.

Нами встановлено, що РВО при ТВО тварин за усіма досліджуваними показниками ліпідного обміну є у 2–3 рази більшою ніж за дії ОЗО і КВО при однакових D_{ef} . Порівнюючи величини РВО при ОЗО і КВО, слід відмітити різну значимість біологічних показників у формуванні РВО. При цьому встановлена наступна закономірність. Для класів ліпідів ПК – ЗХ і ТГ як і для ЛННЦ і ЛВЦ реакція–відповідь організму при ОЗО є меншою ніж при КВО. Для ФЛ та ДК, реакція–відповідь для цих режимів опромінення є однаковою. Слід зауважити, що із зменшенням D_{ef} в усіх зазначених випадках РВО при ОЗО зменшується. Вказуючи на зменшення біологічної ефективності даного режиму опромінення тварин у порівнянні із КВО.

Таким чином, за величиною радіогенних змін РВО показників ліпідного обміну ОЗО тварин є менш біологічно ефективним ніж КВО. Що стосується ТВО то цей режим опромінення є істотно ефективнішим за ОЗО і КВО.

Дозові залежності РВО за 3-х режимів опромінення тварин. Дозові залежності РВО від логарифму D_{ef} за показником ЗХ при досліджуваних 3-х режимах опромінення тварин проявляють пряму пропорційність (рис.5 а). При цьому величини РВО для режиму ОЗО є меншими при відповідних D_{ef} ніж при режимах коротко часового та тривалого надходження до організму ізотопів.

Аналогічні залежності відмічені також і для ТГ (рис. 5 б), причому кількісні зміни для ТГ є істотно меншими ніж для ЗХ.

Подібні залежності спостерігаються і для величини РВО за показником ФЛ (рис. 5 в). Одноразовий зовнішній режим опромінення викликає приблизно вдвічі меншу РВО, порівняно із тривалим. ОЗО тварин за однакових ефективних доз радіації є меншим в середньому на 15% ніж значення РВО за режиму КВО.

За абсолютною величиною РВО для показника ЛВЦ у ПК (рис. 6, а) при тривалому надходженні до організму радіонуклідів уже за накопиченої дози 0,1 Зв має високі значення. Зі зростанням D_{ef} РВО збільшується. За одноразового надходження радіонуклідів до організму значення РВО зменшується приблизно удвічі, порівняно із ТВО. Одноразове зовнішнє опромінення тварин викликає ще менший прояв РВО за показником ЛВЦ, який реєструється лише починаючи з дози 0,25 Зв. РВО за показником ЛНЦ у ПК (рис. 6, б) є протилежним за знаком по відношенню до ЛВЦ, але за модулем при тривалому надходженні ізотопів є приблизно однаковою. Одноразове надходження до організму тварин радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr викликає істотно меншу РВО за показником ЛНЦ ніж за ЛВЦ. Дозова залежність описується лінійною функцією від $\ln D_{\text{ef}}$ для усіх трьох режимів експозиції тварин.

РВО за показником ЛННЦ у ПК (рис. 6, в) перевищує таку для ЛНЦ і ЛВЦ у 2–5 разів за усіх режимів опромінення тварин. РВО за тривалого надходження до організму ізотопів, незважаючи на повільне накопичення дози, перевищує величину реакції–відповіді організму при одноразовому надходженні ізотопів. При одноразовому надходженні до організму тварин радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr РВО за показником ЛННЦ є також істотно більшою ніж для інших складових ліпопротеїнів. РВО за показником ЛННЦ у ПК при ОЗО тварин є також більшою ніж за показниками ЛВЦ та ЛНЦ.

Залежність РВО від логарифму D_{ef} має типовий характер що є притаманним для інших класів ліпопротеїнів і характеризується лінійною функцією.

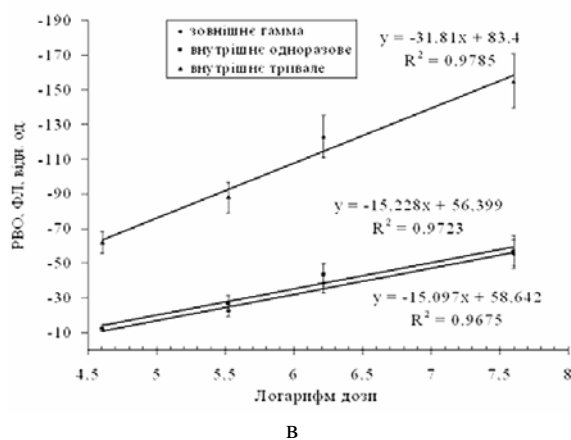
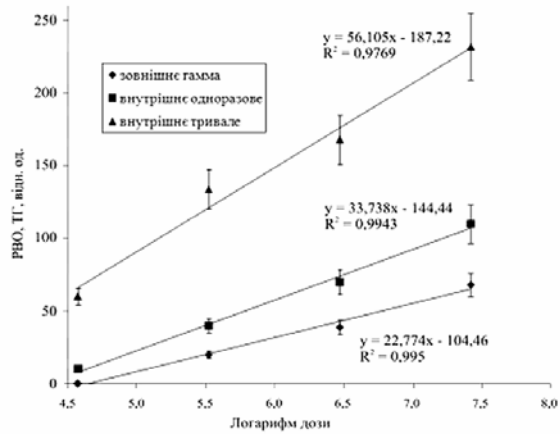
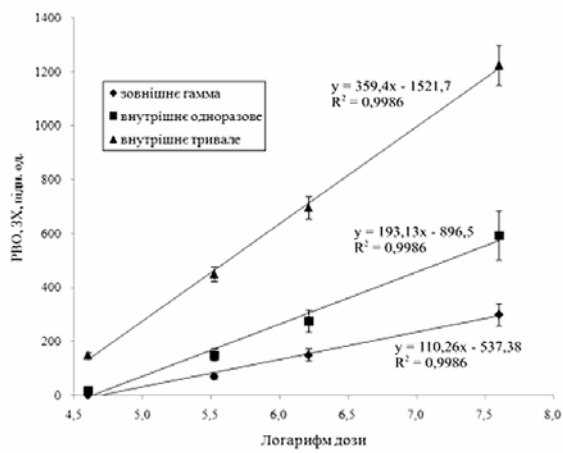


Рис. 5. Залежності величини реакції-відповіді організму (РВО) за показниками вмісту: а – загального холестерину (ЗХ); б – тригліцеридів (ТГ); в – фосфоліпідів (ФЛ) у плазмі крові щурів від логарифму ефективної дози за різних режимів опромінення

Fig. 5. Dependencies of organism's reaction-response power by amount of: [a] – common cholesterol; [b] – triglycerides; [c] – phospholipids in blood plasma of rats, from effective dose logarithm in different irradiation modes

Висновки

1. Одноразове зовнішнє опромінення тварин та одноразове і тривале надходження до їх організму сукупності радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr чорнобильського

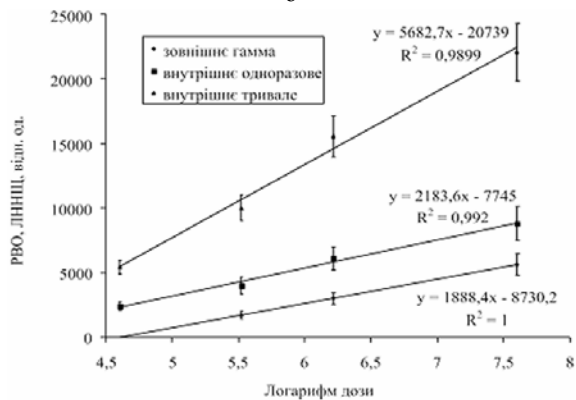
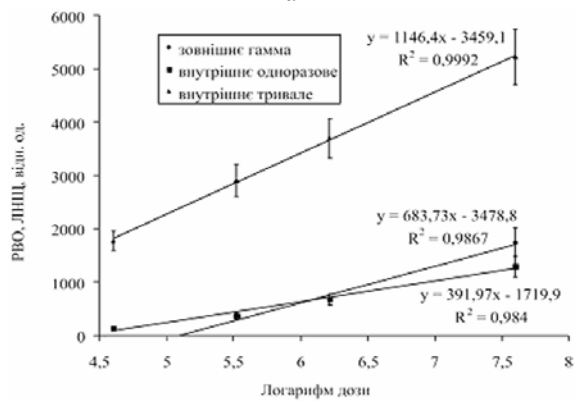
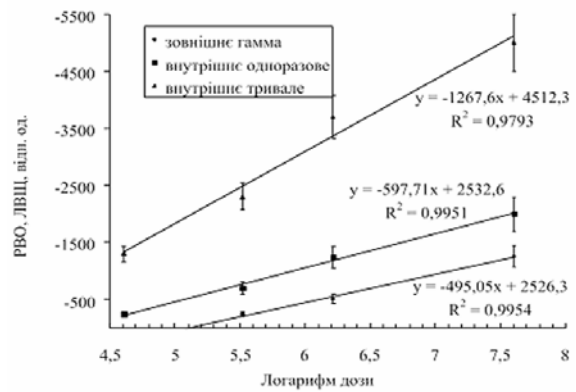


Рис. 6. Залежності величини реакції-відповіді організму (РВО) за показниками вмісту: а – ліпопротеїнів високої щільності (ЛВЩ), б – ліпопротеїнів низької щільності (ЛНЩ); в – ліпопротеїнів наднизької щільності (ЛННЩ) у плазмі крові щурів від логарифму ефективної дози за різних режимів опромінення

Fig. 6. Dependencies of organism's reaction-response power by amount of: [a] – high density lipoproteins; [b] – low density lipoproteins; [c] – ultra low density lipoproteins in blood plasma of rats, from effective dose logarithm in different irradiation modes

викиду викликають характерну динаміку показників ліпідного обміну у плазмі крові. Особливостями динаміки є:

– при одноразовому надходженні ізотопів відмічається наявність екстремуму, що спостерігається в різний час від початку експозиції тварин і

приходиться на різні доби для певних класів ліпідів і ліпопротеїнів та для більшості із них залежить від величини $D_{\text{эф}}$.

– тривале надходження радіоізоотопів впродовж 120 діб викликає поступове збільшення радіогенних змін показників ліпідного обміну, що переходить у максимум, після якого реєструється експоненціальне зниження їх до норми.

2. Послідовність досліджуваних показників за величиною їх радіогенних змін при 3-х режимах опромінення тварин складає ряд: ЗХ>ТГ>ЛННЦ>ЛНЦ>ЛВЦ>ФЛ. Це засвідчує переважаючу роль ЗХ, ТГ і ЛННЦ у розвитку радіаційно ініційованого ПОЛ.

3. За величиною значень абсолютних змін показників в екстремумі їх динаміки різні режими опромінення за однакових $D_{\text{эф}}$ становлять ОЗО>КВО>ТВО.

4. З використанням запропонованого нами поняття "реакція-відповідь організму" на дію радіаційних чинників вперше встановлено, що величина РВО за показниками ліпідного обміну лінійно залежить від логарифму $D_{\text{эф}}$. Це засвідчує наступне: логарифмічна залежність показників від $D_{\text{эф}}$ може бути описана, як одночасна реалізація двох конкурую-

чих процесів, один із яких (ініціюючий) лінійно зростає зі зростанням дози, а інший (компенсуючий) змінюється з часом за експоненціальною залежністю. Можна вважати, що радіаційноіндуковані зміни зростають прямо пропорційно дозі, а захисні механізми включають адаптивно-компенсаторні реакції (у т.ч. репарацію, оновлення, антиоксидантні процеси, тощо), які реалізуються в організмі за експоненціальною залежністю.

5. Вперше експериментально доведено, що за величиною РВО на вплив радіаційних чинників різні режими опромінення при однакових $D_{\text{эф}}$ проявляють різну біологічну ефективність: ТВО>КВО>ОЗО. Це дає підставу стверджувати, що тривале безперервне (але не фракціоноване) опромінення організму є більш біологічно ефективним за рівновеликих доз радіації у порівнянні із одноразовим, а одноразове внутрішнє є більш ефективним, порівняно із одноразовим зовнішнім опроміненням.

6. Показано, що в основі механізму формування ранніх біологічних ефектів за різних режимів і доз опромінення є тривалість РВО на дію радіаційних чинників.

1. Хемилюминесценция крови при радиационном воздействии / Серкиз Я. И., Дружина Н. А., Хриенко А. П., Павленко И. О., Шлумукова И. Ф. Ответств. Редактор Чеботарев Е.Е. – К.: Наукова думка, 1989. – 176 с.
2. Липська А. І. Дозоутворення, природа ранніх та ризики віддалених ефектів у тварин за тривалої дії радіонуклідів чорнобильського викиду: автореф. дис... д-ра біол. наук: 03.00.01/ Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. – К., 2008. – 44с.: табл., рис.
3. Липська А.І., Дрозд І. П. Особливості дозоутворення та методи розрахунку доз при внутрішньому надходженні ^{137}Cs до організму лабораторних щурів // Ядерна фізика та енергетика. – 2008, №1(23). – С. 78 – 87.
4. Вплив радіаційного фактора Чорнобильської зони відчуження на організм тварин / За ред. Я. І. Серкіза, М. Ю. Алесіної. – К.: Атіка, 2006. – 320 с.
5. Проблеми радіаційної медицини. – 2005. – Вип. 11. – 800 с.
6. Abel L. L., Levy B. B., Brody B. B. et al. A simplified method for the testimation of totel cholesterol in serum and demonstration of its specificity// Biol. Chem. – 1952. – Vol. 195. – № 2. – P. 357 – 366.
7. Carlson L. A. Determination of serum triglicerides// J. Atherosclerosis Rec. – 1963. – № 3. – P. 334 – 336.
8. Vaskovsky V. E., Svetashev V. I. Phospholipid spray reagents // J. Chromatogr. 1972. V. 65. P. 451 – 453.
9. Chung B. H., Geer J. C., Segrest J. P. Preparative and quantitative isolation of plasma lipoproteins rapid, single discontinuous density gradient ultracentrifugation in a vertical rotor //J. Lipid Res. – 1980 – Vol. 21. – № 3. – P. 284 – 291.
10. Радіобіологічні ефекти хронічного опромінення рослин у зоні впливу Чорнобильської катастрофи :наук. вид. / Гродзинський Д. М., Гуца М. І., Дмитрієв О. П. та ін. – К.: Наук. Думка, 2008. – 373 с.
11. Коваленко А. Н., Коваленко В. В. Системные радиационные синдромы. – Николаев: Изд-во НГТУ им. Петра Могилы, 2008. – 248 с.: 3 ил. – Библиогр.: с. 210 – 246.

Отримано: 30 листопада 2009 р.

Прийнято до друку: 4 лютого 2010 р.