

УДК 612.35:014.48



Я.Г. Іванушко, Л.П. Хомко

## Вплив іонізуючого та лазерного випромінювання на стан печінки

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
ДЗ «Вузлова клінічна лікарня станції Чернівці»  
ДТГО «Львівська залізниця»

**Ключові слова:** печінка, лазерне випромінювання, іонізуюче випромінювання.

У класичній радіобіології тривалий час існувала думка про те, що печінка належить до радіорезистентних органів. На сьогодні ця думка не підтверджується експериментальними і клінічними даними. Ще в 1973 р. в експерименті [20] і клініці [13, 35] були описані випадки агресивного перебігу гострої променевої хвороби, яка не піддавалася традиційній терапії і при патоморфологічному дослідженні визначена як гостра променева хвороба з несумісними із життям ураженнями паренхіми печінки. Пусковими механізмами таких змін можуть бути різні метаболічні чинники, до яких печінка дуже чутлива. Вони надходять з інших органів, зокрема радіочутливих. Продукти їхнього цитолізу потрапляють в печінку і запускають низку метаболічних процесів, спрямованих на підтримку гомеостазу [12].

Існує декілька поглядів на патогенез наслідків впливу іонізуючої радіації. Один з них ґрунтується на тому, що за повільної проліферації тканин ушкодження виявляють тільки під час післярадіаційного поділу клітин [33], тобто у віддалені строки. Згідно з другим причиною віддалених наслідків є ушкодження кровоносних судин [28]. Деякі автори основним механізмом розвитку віддалених ефектів вважають ушкодження ендотелію судин відповідних тканин, хоча певну роль відіграє і пряме ушкодження гепатоцитів [1, 25, 51]. Більшість учених розглядають механізм віддалених променевих уражень як комплексне ушкодження, що відображує взаємозв'язок паренхіми і судин [5, 19, 52].

Малі дози іонізуючого випромінювання спричиняють зміну перебігу захворювань гепатобілярної системи: зменшення частоти та інтенсивності болювого і диспепсичного синдромів із збільшенням інтоксикації; гіпокінезію жовчного міхура і кишківника; толерантність до лікувально-профілактичних заходів; розвиток гепатиту на тлі загальної алергії [42].

Встановлено, що в осіб, які зазнали впливу малих доз радіації під час ліквідації аварії на Чор-

нобильській АЕС, має місце гіперволемічний тип внутрішньопечінкової гемодинаміки з інтенсивним артеріальним та венозним кровотоком без застійних явищ [31]. Збільшення дози радіації призводить до ураження центральної вени і капілярів, їхнього тромбозу та розвитку радіаційного гепатиту [31], який має реактивний та хронічний реактивний характер [23].

У тварин, які перебували в зоні відчуження ЧАЕС і зазнали дії як зовнішнього опромінювання, так і дії інкорпорованих радіонуклідів, незалежно від тривалості спостереження (від 6 до 25 місяців) морфологічні зміни в печінці були однотипними. В усіх тварин спостерігали помірні порушення кровообігу зі стазом, осередки дистрофічних і некробіотичних змін різного ступеня в гепатоцитах. Ці зміни значно відрізняються від тих, що описані у разі гострої променевої хвороби у тварин. Під час електронної мікроскопії у клітинах печінки виявляли вакуолізацію і набряк мітохондрій, ущільнення внутрішньоклітинного хроматину [46, 48], розширення ендоплазматичного ретикулуму [51]. Частина змін є неспецифічними і спостерігаються при отруєннях та ендогенних інтоксикаціях будь-якого походження. Ці зміни більш виражені у центральних ділянках печінкової часточки [38].

Важливим фактором розвитку та прогресування дифузних захворювань печінки є збільшення проникності мембранного апарату клітин і спричинені ним біологічні ефекти [6, 23]. Активізація перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) спричиняє руйнування клітинних елементів (мембран) [24] і звільнення внутрішніх клітинних катаболітичних ферментів, розвиток деструктивних процесів. Продукти розпаду міжклітинних структур стають специфічними стимуляторами активності фібробластів, що призводить до накопичення фіброзної тканини, зміни структури і функції органа [23].

Малі дози іонізуючого випромінювання впливають на функціональний стан печінки [2]. Порушується білковий синтез, що пов'язано з ушкод-

женням білковосинтезуючого апарату гепатоцитів [36, 43]. Зміни у білковому обміні лежать в основі біохімічної дії іонізуючого опромінювання [39, 47], оскільки білкові речовини є регуляторами всіх біохімічних процесів в організмі [7, 40]. За дії іонізуючої радіації спостерігають також значні зміни метаболізму та транспорту амінокислот [29, 30, 54, 56].

Велика кількість експериментальних даних свідчить про глибокі та різноманітні зміни метаболізму ліпідів [49]. Порушення в ліпідному і ліпопротеїдному обміні при опромінюванні є суттєвим для патофізіологічних механізмів розвитку соматичної патології [2].

За дії малих доз іонізуючої радіації показано стимулюючий її вплив на процеси окиснювального фосфорилування, які зі збільшенням дози пригнічуються [26, 45, 55, 57]. Чутливою до дії іонізуючого випромінювання є ферментна система мембран ендоплазматичного ретикулу гепатоцитів [21, 46], порушується активність пов'язаних з мембраною ендоплазматичного ретикулу ферментів детоксикації.

Таким чином, зміни в печінці за дії іонізуючого випромінювання мають неспецифічний характер і виявляються цитолітичним синдромом, посиленням фібротичних процесів, ушкодженням судинної системи органа у вигляді порушень регіонарної гемодинаміки, переважанням особливої форми репарації – компенсаторної гіпертрофії ушкоджених і репарованих клітин. Ураження клітинних елементів за дії малих доз іонізуючого випромінювання довго зберігається у латентному вигляді і виявляється у віддалений період після опромінювання, переважно на внутрішньоклітинному рівні. Внаслідок дії іонізуючого випромінювання знижуються синтетична та дезінтоксикаційна функції печінки.

Лазерне опромінювання широко використовують в терапевтичній практиці, зокрема у хворих з гепатобіліарною патологією. Застосування гелій-неонового лазера (ГНЛ) корегує дисфункцію жовчного міхура, сфінктера Одді, поліпшує біохімічний склад жовчі, ліквідує холестатичний стан печінки [4, 19, 32]. Є невелика кількість праць, присвячених вивченню впливу лазерного опромінювання на морфологічний стан печінки. Дані, наведені в цих роботах, суперечливі. За дії лазерного опромінювання на печінку в нормі спостерігали посилення кровотоку, збільшення діаметра судин, розширення просвіту синусоїдних капілярів і просторів Діссе [44]. Описано посилення піноцитозної активності гепатоцитів та клітин вистілки синусоїдів, гіперплазія структур, пов'язаних з енергетичними та синтетичними функціями, збільшення індексу мічених ядер [16]. Опроміню-

вання щурів дозою 20 мВт/см<sup>2</sup> спричиняло у периферичних відділах печінкової часточки порушення кровообігу у вигляді венозного повнокрів'я [38]. У гепатоцитах, розташованих поблизу центральної вени, спостерігали виражену зернистосту та гідропічну дистрофію, у них знижувався вміст глікогену. У периферичних відділах печінкової часточки виявлено посилення синтетичних процесів, реплікацію ДНК і збільшення кількості мітозів. Стимуляцію фізіологічної регенерації печінкових клітин за рахунок повного поділу тетраплоїдних клітин відмічали С.Б. Баракаев і В.И. Попов [3, 38]. Показано позитивний ефект низькоінтенсивного лазерного випромінювання (НІЛВ) на регенерацію печінки у щурів після гепатектомії [53]. Спостерігали також посилення проліферації сполучної тканини [34].

НІЛВ впливає на вуглеводний обмін у печінці: вже за добу збільшувався вміст цАМФ і розпад глікогену, знижувалася активність глікогенсинтетази, глюкозо-6-фосфатдегідрогенази, зростала активність фосфорилази [10].

Негативний вплив лазерного опромінювання описано в [11, 37, 50]. Так, воно спричиняло накопичення малонового діальдегіду (МДА), а у разі великих доз спричиняло токсичний ефект на клітинному рівні, розвиток дистрофічних процесів, порушення ультраструктур гепатоцитів [50], руйнування мембран мітохондрій [37].

Існують поодинокі праці, присвячені впливу комбінованої дії лазерного та рентгенівського опромінювання. Показано радіопротекторний ефект лазерного опромінювання, близький до ефекту таблетованих хімічних радіопротекторів [3]. Протипроменевий ефект реалізується, можливо, продукцією в тканинах інтерлейкіну-1 або подібних сполук, що здатні активізувати проліферацію стовбурових клітин [22].

Модифікацію лазерним опромінюванням радіаційного ефекту спостерігали в досліджах із культурою клітин шкірно-м'язової тканини ембріона людини [22]. Випромінювання ГНЛ з густиною енергії 20 Дж/см<sup>2</sup> на культуру клітин через 30 хв після нейтронного опромінювання в дозі 100 рад призводило до зменшення кількості хромосомних аберацій з  $(8,3 \pm 0,5) \%$  (тільки іонізуюча радіація) до  $(2,1 \pm 0,3) \%$ , тобто до повного запобігання мутагенному впливу нейтронів. У цих же дослідженнях було показано, що випромінювання ГНЛ запобігає виникненню хромосомних аберацій, що виникали при опромінюванні іншими джерелами лазерного випромінювання в ультрафіолетовій ( $\lambda = 347$  нм), синій ( $\lambda = 441$  нм) і червоній ( $\lambda = 694$  нм) ділянках спектра. Автори пояснюють радіопротекторний ефект лазерного випромінювання з активізацією репаративних систем клітини. Вип-



роміювання ГНЛ з меншою густиною енергії (0,26 Дж/см<sup>2</sup>) після рентгенівського виявляло захисну дію на культуру фібробластів китайського ховраха за критерієм здатності клітин утворювати колонії. Спостерігали зміни поверхнево-адгезивних властивостей фібробластів, які реєстрували методом флуоресцентних зондів, що дало підстави припустити участь мембран клітин у формуванні радіопротекторного ефекту лазерного випромінювання [22].

Виявлено радіопротекторний ефект на організм за локальної дії лазерного випромінювання. Профілактичне опромінювання ГНЛ епігастральної ділянки шурів (курс – 8 процедур з сумарною густиною енергії 13,4 Дж/см<sup>2</sup>) збільшувало 30-денне виживання шурів з 60 до 95 % за дози гамма-опромінювання 6 Гр і з 45 до 72 % за дози 7 Гр, при цьому також збільшувалася середня тривалість життя тварин [22].

Опромінювання епігастральної ділянки у шурів ГНЛ із сумарною густиною енергії 13,4 Дж/см<sup>2</sup> перед тотальним гамма-опромінюванням дозою 1,7 Гр за потужності дози 50 сГр/хв підсилювало регенераторні процеси в печінці після часткової гепатектомії [22].

Опромінювання ГНЛ шурів, попередньо опромінених рентгенівськими променями дозою 25,8 мКл/кг, збільшувало вміст білка і нуклеїнових кислот, знижувало інтенсивність ПОЛ та змінювало активність каталази в печінці шурів [34]. За попереднього застосування лазерного випромінювання [38] зміни МДА, супероксиддисмутази у печінці шурів і морфологічні зміни відповідали таким за дії гамма-випромінювання.

Спостерігались прискорення післярадіаційного відновлення м'язової тканини за лазерного опромінювання. Випромінювання ГНЛ стимулювало трансплантаційну регенерацію м'язової тканини, майже повністю пригнічену локальною дією рентгенівського випромінювання дозою 10 Гр, і сприяло утворенню функціонально активного органа [8].

Комбінована дія іонізуючого і лазерного ви-

промінювання на гіпофіз спричиняла позитивні зміни в опромінених тканинах із вираженими структурозберігаючими проявами [9].

З іншого боку, випромінювання ГНЛ високої інтенсивності (густина потужності 178 мВт/см<sup>2</sup>, експозиція 5 хв) посилювало ушкоджуючу дію рентгенівського випромінювання у разі послідовного їх використання, зменшуючи кількість бластів ембріонів шурів, що вижили [22].

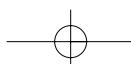
Сукупна дія рентгенівського і інкорпорованого (<sup>131</sup>I) випромінювання з використанням на цьому тлі лазерної біостимуляції спричиняла трансформацію процесу гіперфункції клітин в стадію виснаження і функціональної недостатності [27].

Комбінована дія іонізуючого (25,8 мКл/кг) та лазерного випромінювання на печінку шурів призводила до зменшення набряку мітохондрій, збільшення крист, відновлення гранулярної та агранулярної ендоплазматичної сітки, збільшення пулу клітин, готових до мітозу. Одночасно виявлено клітини, які зазнали деструктивних змін [34].

Таким чином, печінка є органом, чутливим до НІЛВ. Інтенсивність біохімічних процесів в ній змінюється навіть за відсутності системного компонента відповідної реакції на опромінювання [50]. Вплив НІЛВ на систему ПОЛ—антиоксидантний захист не є однозначним. З одного боку, встановлено можливість прямої дії червоного лазерного світла на ключові ферменти антиоксидантного захисту у випадку їхнього функціонального пригнічення. З іншого — виявлено прооксидантний ефект лазерного опромінювання на біосистеми [14]. За умов дефіциту антиоксидантів при багатьох захворюваннях і патологічних станах це може спричинити появу побічних ефектів лазеротерапії [50]. Короткотривале випромінювання має активізуючу дію, тривале — спричиняє виснаження резервів захисту. Інтегральна реакція організму на вплив лазерного випромінювання залежить від багатьох чинників, зокрема від дози та режиму опромінювання,

## Література

1. Амосова И.С., Мардынская В.П. Влияние фракционированного облучения на печеночные артерии // Мед. радиология. — 1976. — Т. 21, № 7. — С. 33–37.
2. Антушевич А.Е., Бубнов В.П., Бойко В.Н., Смирнова А.М. и др. О радиозащитных эффектах низкоинтенсивного лазерного излучения // Материалы Всесоюз. симпоз. «Низкоинтенсивные лазеры в медицине (механизм действия, клиническое применение)». — Обнинск, 1991. — Ч. 1. — С. 7–10.
3. Баракаев С.Б., Мироджов Г.К., Ткаличева Л.И. Влияние импульсного инфракрасного лазерного излучения на плоидность гепатоцитов // Проблемы гастроэнтерол. — 1994. — № 1. — С. 38–40.
4. Бездробний Ю.В., Божко О.В., Серкіз Я.І., Індик В.М. Вплив реальних умов опромінювання на активність



протеїнази та 5'-нуклеотидази плазматичної мембрани печінки щурів різних поколінь і віку, які утримувались в зоні аварії на Чорнобильській АЕС // Доп. НАН України. — 1995. — № 3. — С. 114–116.

5. Бобро Л.Н., Соломникова О.И., Пасиешвили Л.М. Клинико-патогенетические особенности течения хронического токсического (радиационного) гепатита // Врачебная практика. — 1998. — № 2–3. — С. 25–27.

6. Богоутдинова Л.В. Реакция гипопиза на комбинированное воздействие ионизирующего и лазерного облучения // Материалы VI Республ. науч.-практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии». — Харьков, 1996. — С. 9.

7. Бородинский В.А., Бородинский А.Н., Коноваленко О.В. и др. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на функциональное состояние углеводного обмена в печени в эксперименте // Здравоохран. Белоруссии. — 1999. — № 7. — С. 16–17.

8. Бродский Р.А., Кветной М.М., Бандурко Л.Н. и др. Влияние воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения на структуру внутренних органов // Материалы Всесоюз. симп. «Низкоинтенсивные лазеры в медицине (механизм действия, клиническое применение)». — Обнинск, 1991. — С. 18–20.

9. Булякова Н.В. Изменение чувствительности к ионизирующей радиации при действии низкоинтенсивного лазерного излучения // Физиотер., бальнеол. и реабил. — 2004. — № 4. — С. 31–36.

10. Владимиров В.Г., Сергиенко В.И. Острый панкреатит (экспериментально-клинические исследования). — М.: Медицина, 1986. — 240 с.

11. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. — М.: Наука, 1972. — 252 с.

12. Воробьев А.И., Бриллиант М.Д., Баранов А.Е. и др. Два случая острой лучевой болезни тяжелой степени // Тер. архив. — 1973. — № 9. — С. 85–93.

13. Воробьев Е.И., Степанов Р.П. Ионизирующее излучение и кровеносные сосуды. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 294 с.

14. Воробьев Л.П., Салова Л.М., Чубаров Г.В., Мешков В.М. Эффективность применения лазера для коррекции функциональных расстройств желчевыводящей системы // Материалы 4-го Всесоюз. съезда гастроэнтерологов. — М., Л., 1990. — Т. 2. — С. 54–55.

15. Ворожейкин В.М., Артыков Ш.Н. Влияние различных видов низкоинтенсивного лазерного излучения на структуру печени в норме и при экспериментальной патологии // Тез. Междунар. конф. «Новое в лазерной медицине». — М., 1991. — С. 85.

16. Вылегжанина Т.А., Богуц Н.А. Реакция надпочечников на лазеропунктуру в условиях сочетанного воздействия ионизирующей радиации // Радиобиол. — 1991. — Т. 31, вып. 4. — С. 515–520.

17. Горчакова Л.А., Порохняк-Гановська Л.А., Дерев'янюк Л.П. та ін. Біологічні ефекти зовнішнього іонізуючого опромінювання в дозах 0,5 Гр та 1,0 Гр у щурів // Бук. мед. вісн. — 1998. — Т. 2, № 1. — С. 93–99.

18. Губский Ю.И. Ферментные системы эндоплазматического ретикулума и митохондрий печени при остром отравлении четыреххлористым углеродом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук.: 03.00.04. — К., 1972. — 29 с.

19. Девятков Н.Д., Зубкова С.М., Лапрун И.Б., Макеева Н.С. Физико-химические механизмы биологического действия лазерного излучения // Успехи совр. биол. — 1987. — Т. 103, № 1. — С. 31–43.

20. Дубинина Е.Е., Бурмистров С.О., Ходов Д.А., Поротов И.Г. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения // Вопросы мед. химии. — 1995. — Т. 45, № 1. — С. 24–26.

21. Заводнюк Л.Б., Кравчук Р.И., Арцулевич А.Н. и др. Динамика структурных изменений в печени крыс после однократного воздействия  $\gamma$ -излучения // Радиационная биол. Радиоэкология. — 2003. — Т. 43, № 6. — С. 618–624.

22. Зайцева Е.И., Милягин В.А. Патогенетическое значение расстройств внутрипеченочной гемодинамики при хронических поражениях печени // Успехи в ранней диагностике, лечении и профилактике болезней пищеварения. — Душанбе, 1985. — С. 22–23.

23. Коггл Дж. Биологические эффекты радиации. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 184 с.

24. Коннович Л.А., Коннов Б.А., Комар В.Е. Показатели белково-аминокислотного обмена в раннем периоде после равномерного гамма- и протонного облучения // Радиобиол. — 1991. — Т. 31, вып. 3. — С. 410–413.

25. Лаптева Т.А., Докшина Т.А. Влияние облучения на фонд свободных аминокислот в тканях крыс // Радиобиол. — 1982. — Т. 22, вып. 5. — С. 665–669.

26. Любченко П.Н., Ковалева Л.И., Николаева А.П. и др. Внутрипеченочное кровообращение у участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в отдаленном периоде // Медицина труда и промышленная экология. — 1994. — № 2. — С. 15–17.

27. Мансуров Х.Х., Джураев Х.Ш., Баракаев С.Б. и др. Влияние гелий-неонового лазера на физико-химические свойства желчи // Бюл. эксперимент. биол. и мед. — 1990. — № 8. — С. 157–159.

28. Мардашко А.А. Оценка функционального состояния печени и мышечной системы у лиц, подвергшихся действию ионизирующего излучения // Тез. докл. респ. науч.-практ. конф. МЗ УССР «Итоги оценки медицинских последствий аварии на ЧАЭС». — К., 1991. — С. 142–143.

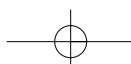
29. Меркушев Г.Н. Экспериментальная модель лучевых повреждений печени // Радиационная гигиена: Сб. науч. тр. — Л., 1987. — С. 69–73.

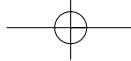
30. Москалев Ю.И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 264 с.

31. Негода В.В. Гемодинамика, структура и функция печени при первичных и вторичных ее поражениях. — Волгоград, 1988. — С. 6–12.



32. Ниглютин А.В., Бикмухаметова Х.С., Даншкина З.И. Изменения микроциркуляторного русла печени при острой интоксикации в эксперименте // Микроциркуляционное русло соединительнотканых образований. – 1988. – С. 60–63.
33. Отчич В.П. Структурно-функціональні зміни в шлунково-кишковому тракті білих шурів при комбінованій дії іонізуючого та лазерного випромінювання: Автореф. дисс. ... канд. біол. наук: 03.00.05. – Львів, 1996. – 22 с.
34. Петрина Л.Г. Влияние малых доз рентгеновского облучения на функциональную структуру и активность белков крови // Тез. докл. Всесоюз. симпозиум. «Механизмы действия ионизирующего излучения на структуру и функцию белков». – Пушино, 1986. – С. 390–391.
35. Петухов М.И., Парамонов И.В., Литвин Г.И. Влияние лазерного облучения на липидный состав митохондрий печени // Материалы Всесоюз. симпозиум. «Низкоинтенсивные лазеры в медицине (механизм действия, клиническое применение)». – Обнинск, 1991. – С. 83–85.
36. Пилипченко В.І. Перекисне окиснення, антиоксидантний захист і мітотичний режим клітин печінки при дії лазерного і гамма-опромінювання на організм експериментальних тварин: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.13. – Сімферополь, 1996. – 20 с.
37. Положий Е. А. Действие ионизирующей радиации и гипотермии на плазматические мембраны печени крыс // Механизмы адаптации физиологических функций организма. – Томск, 1985. – С. 151–157.
38. Попов В.И. Воздействие лазерного излучения на митотическую активность гепатоцитов регенерирующей печени (эксперимент. исследование) // Вопр. курортол., физиотер. и лечебной физ-ры. – 1980. – № 6. – С. 10–12.
39. Попова Л.П. Особливості клінічного перебігу захворювань гепатобіліарної системи у осіб, що знаходяться під впливом малих доз іонізуючого випромінювання: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – К., 1994. – 24 с.
40. Порохняк-Гановская Л.А., Дервянко Л.П., Горчакова Л.А. и др. Влияние ионизирующего излучения на морфофункциональное состояние эндокринных органов и печени // Медицинские последствия аварии на Чернобыльской станции. Кн. 3: Радиобиологические аспекты Чернобыльской катастрофы. – К.: МЕДЕКОЛ, 1999. – С. 34–53.
41. Райхлин Н.Т. Лизосомы и опухолевый рост // Гистохимия и электронная микроскопия в клин. и эксперимент. онкол. – М., 1975. – С. 107–128.
42. Серкиз Я.И. Особенности биологических эффектов радиации низких интенсивностей // Тез. докл. Всесоюз. радиобиол. съезда. – Пушино, 1989. – Т. 4. – С. 853–854.
43. Терман О.А. Состояние микроциркуляции в печени при ее облучении низкоэнергетическими лазерами // Тез. Междунар. конф. «Новое в лазерной медицине». – М., 1991. – С. 120.
44. Тимченко Л.Т., Тимченко Н.А., Гильяно Н.В., Носкин Л.А. Усиление экспрессии некоторых генов в печени крыс после общего рентгеновского облучения // Радиобиол. – 1988. – Т. 28, вып. 2. – С. 166–171.
45. Токич И.Б. Количественная электронная микроскопия радиационных поражений печени // Тез. докл. 9-го Междунар. конгресса анатомов. – М., 1970. – С. 207.
46. Усов Д.В., Коптяева О.Я. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения с длиной волны 0,63 и 0,89 мкм в комплексном лечении хронических заболеваний печени // Актуальные проблемы лазерной медицины. – М., 1990. – С. 84–86.
47. Утешев А.Б. Роль окислительно-восстановительных ферментов в первичном механизме лучевого поражения: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Алма-Ата, 1971. – 36 с.
48. Чаяло П.П., Чоботко Г.М., Гришко Г.М. Метаболічні наслідки аварії на Чернобильській АЕС. – К.: Чернобыльинтеринформ, 2001. – 152 с.
49. Чейда А.А., Каплан М.А., Ефимова Е.Г. Влияние инфракрасного лазерного излучения низкой интенсивности на липиды клеточных мембран в эксперименте // Вопр. курортол., физиотер. и лечебной физ-ры. – 2002. – № 5. – С. 28–32.
50. Эйбус Л.Х. О форме дозовой кривой цитогенетических повреждений ГНВ при облучении в малых дозах // Мед. радиол. и радиационная безопасность. – 1999. – Т. 44, № 5. – С. 12–15.
51. Casarett G.W. Radiation histopathology. – Boca Raton: CRC Press, 1980. – Vol. 1. – P. 160.
52. Castro-e-Silva O Jr., Zucoloto S., Marcassa L.G., et al. Spectral response for laser enhancement in hepatic regeneration for hepatectomized rats. // Lasers Surg. Med. – 2003. – Vol. 32 (1). – P. 50–53.
53. Deev L.I., Topchishvili G.I., Akhalaia M.Ia. et al. Effect of x-ray irradiation on the activity of key enzymes in heme biosynthesis and breakdown in the rat liver // Bull. Exper. Biol. Med. – 1985. – Vol. 99, N 6. – P. 681–683.
54. Gupta S., Rogler C.E. Lessons from genetically engineered animal models. V.I. Liver repopulation systems and study of pathophysiological mechanisms in animals // Am. j. Physiol. – 1999. – Vol. 277. – P. 1097–1102.
55. Seino Y., Ohki K., Nakamura T. et al. Patophysiological characteristics of cutaneous microcirculation in patients with liver cirrhosis: Relationships to cardiovascular hemodynamic and plasma neurohormonal factors // Microvascular Research. – 1993. – Vol. 46, N 2. – P. 206 – 215.
56. Zajac J.M., Bernard P. Effects of whole-body irradiation on the microsomal enzyme system and on cytochrome P-450 of rat liver // Enzyme. – 1982. – Vol. 27, N 1. – P. 19–24.
57. Zlukova A.A. The effect of superhigh doses of gamma – radiation on the energetics of rat liver mitochondria // Radiats. Biol. Radioecol. – 1997. – Vol. 37, N 3. – P. 382–386.





*Я.Г. Иванушко, Л.П. Хомко*

**Влияние ионизирующего и лазерного излучения на состояние печени**

Статья посвящена анализу литературных данных по проблеме влияния ионизирующего и лазерного излучения и их комбинированного воздействия на печень.

*Ya.G. Ivanushko, L.P. Khomko*

**Effects of the ionizing and laser irradiation on the liver state**

The article presents the analysis of the literature data on the effects of ionizing and laser irradiation and their combination on the liver state.

