

РЕТРОСПЕКТИВНА ОЦІНКА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ЧАЕС: ДОСВІД, ВИКЛИКИ І МОЖЛИВОСТІ

Після однієї з найбільших планетарно-техногенних аварій на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) в 1986 р. квітень місяць у наших сучасників почав асоціюватись не лише з початком буяння зелені та насиченням повітря весняними ароматами квітів, але й впливом небезпечного і невидимого ворога — іонізуючої радіації.

Ретроспективна оцінка медико-біологічних наслідків аварії на ЧАЕС за результатами досліджень співробітників Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології (ІЕПОР) ім. Р.Є. Кавецького НАН України та аналізу даних літератури є важливою платформою для інвентаризації науково-практичних здобутків, перегляду втрачених можливостей і визначення пріоритетів для подолання існуючих проблем.

Вивченням особливостей ушкоджувальної дії рідко- та щільноіонізуючої радіації співробітники ІЕПОР ім. Р.Є. Кавецького НАН України почали займатися ще на початку 1970-х років. У цей період досліджували порушення обміну нуклеїнових кислот, енергетичних процесів у клітинах, а також вплив біологічних і хімічних модифікаторів на ранні і пізні етапи променевого канцерогенезу. Було вивчено особливості дії швидких нейтронів і рентгенівських променів на клітини різних тканин, що призводило до глибоких порушень нуклеїнового та білкового обміну, тривалого гальмування репаративних процесів, а також до підвищення частоти розвитку пухлин у експериментальних тварин у віддалені строки після опромінення.

В рамках закритої тематики (для службового використання) в Інституті проводили унікальні дослідження патогенетичного обґрунтування детоксикаційної терапії гострої променевої хвороби. На основі отриманих даних доведено роль токсичного фактора в патогенезі гострої променевої хвороби, сформульовано принципи детоксикаційної терапії та визначено місце екстракорпоральної гемосорбції на активованому вугіллі, як одного з найефективніших методів ранньої інтенсивної дезінтоксикаційної терапії гострої променевої хвороби. За ці дослідження, описані у монографії “Гемосорбція при лікуванні гострої променевої хвороби”, у 1985 р. К.С. Терновий, В.Г. Пінчук, Л.Б. Пінчук, В.Г. Ніколаєв, Н.П. Кравченко та інші стали лауреатами Державної премії.

Після аварії на ЧАЕС співробітники Інституту активно включилися у вирішення нагальних проблем у галузі радіобіології, які постали перед науковою спільнотою, зокрема дослідження біологічних ефектів факторів аварії на ЧАЕС та розроблення засобів для їх корекції (в тому числі профілактично-лікувальних) за умови проживання населення на забруднених радіонуклідами територіях. Згідно статистичних даних в Україні офіційний статус постраждалих в наслідок аварії на ЧАЕС мають близько 1,7 млн осіб. Понад 600 тис. осіб брали участь у ліквідації наслідків аварії, значна частина ліквідаторів має інвалідність. Мільйони людей продовжують мешкати на територіях, що зазнали радіаційного забруднення. Крім того, радіоекологічна ситуація продовжує погіршуватись за рахунок і наслідків військової агресії в зоні відчуження. Нагромадження і синергія ядерних і вибухових факторів потребують особливої уваги стейкхолдерів у стримуванні розвитку негативних наслідків іонізуючого випромінювання навіть сорок років потому.

З’являються численні дані про те, що у внуків ліквідаторів аварії, мутації окремих генів виявляють частіше, ніж у нащадків першого покоління. Враховуючи, що латентний період солідних злоякісних пухлин може становити до 40 років, увага до проблеми наслідків опромінення залишається актуальною.

Чорнобильська катастрофа стала потужним фактором генетичних та еволюційних змін, більша частина з яких носить шкідливий характер, в тому числі, в активності імунної системи та прискореному формуванню хіміопроменевої резистентності. Мутації, накопичені в поколіннях, можуть передаватися спадково та створювати ризики для здоров’я людини.

За результатами виконання ряду державних та відомчих програм, зокрема “Ранні та віддалені наслідки променевих уражень” (1986) (1989–1995), “Невідкладні заходи по ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС” (1991–1992), “Екологічна зона впливу ЧАЕС” (1991–1992) Національної програми України з мінімізації наслідків аварії та Державної науково-технічної програми по вивченню наслідків аварії на ЧАЕС, розпочатих відповідно в 1995 та 1996 рр. були виявлені зміни експресії окремих генів оксидативного стресу клітин та ініціації

канцерогенезу. Отриманий досвід та накопичена інформація в умовах унікальних масштабних досліджень значно поповнили скарбницю знань щодо дії високих і малих доз іонізуючого випромінювання.

Важливо зазначити, що в Чорнобильській зоні в 1986 р. була створена унікальна науково-дослідницька база на якій протягом 12 поколінь експериментальних тварин проводились натурні експериментальні дослідження пошкоджуючої дії іонізуючої радіації на організм. За результатами проведених досліджень виявлені характерні структурні і морфологічні зміни різних органів і тканин. В окремих випадках незворотні або тривало збережені зміни провокували розвиток різноманітних патологічних процесів, які частіше за все проявлялись на тлі виснаження компенсаторно-адаптивного перевантаження.

До наукової роботи було залучено багато співробітників установи: академік АН і АМН УРСР В.Г. Пінчук, академік АН УРСР З.А. Бутенко, д. біол. н., проф. Я.І. Серкіз, д. мед. н., проф. Д.Ф. Глузман, д. біол. н., проф. М.Ф. Гамалія, д. мед. н., проф. В.Г. Николаєв, д. мед. н., проф. К.П. Ганіна, д. мед. н., проф. Б.Л. Рубенчик, д. мед. н., проф. З.Д. Савцова, д. мед. н., проф. Є.П. Сидорик, д. біол. н., проф. Е.А. Дьоміна, д. біол. н. М.О. Дружина, к. біол. н. В.М. Індик, к. біол. н. І.М. Воейкова та багато інших. Попри технічні труднощі, за перші 2–3 роки вдалося дослідити дію радіаційних чинників на ссавців упродовж усього життєвого циклу, а також ефективність низки природних радіопротекторів. Уперше на 12 поколіннях лабораторних тварин, які безперервно перебували в зоні ЧАЕС за надфонових радіаційних навантажень, спостерігали дистрофічні та деструктивні зміни в клітинах і тканинах.

Перші ознаки виявлених порушень були пов'язані із дозо-часовим терміном опромінення. Дія комбінованого внутрішнього і зовнішнього опромінення стимулювала функцію критичних органів і систем, що індукувало зміни властиві для процесів раннього старіння.

Вивчення особливостей радіаційного канцерогенезу показало збільшення частоти виникнення новоутворень у експериментальних тварин, зокрема щитоподібної, надниркових залоз, тимуса, лімфатичних вузлів середостіння, що практично не зустрічались до аварії.

Особливі зміни при підвищених радіаційних навантаженнях на забруднених радіонуклідами територіях, які спостерігались в гемопоетичній системі, стосувались як кількісного, так і якісного складу клітин кісткового мозку. Постійне перебування тварин в зоні відчуження приводило до формування специфічного гемопоетичного синдрому, особливостями якого було виснаження та

обмежене відновлення кровотворної системи, що збільшувало вірогідність розвитку лейкемічних процесів. Постійний та тривалий вплив випромінювання одночасно приводив до виснаження клітин імунної системи. Дисфункція імунорегуляторних процесів та зміни в системі гормональних процесів впливали на зниження активності показників неспецифічної протипухлинної резистентності, а також тривалості життя піддослідних тварин. Постійне радіаційне навантаження на 12 поколінь лабораторних тварин в антенатальному та постнатальному онтогенезі пригнічувало їх фізіологічний розвиток, функції репродуктивної системи, збільшувало кількість хромосомних аномалій та смертність тварин в ранньому періоді життєвого циклу.

Доведено значний внесок довгоживучих радіонуклідів “чорнобильського” спектра у наростання змін і перебіг патологічних процесів. У результаті цитогенетичного моніторингу ліквідаторів аварії на ЧАЕС визначено комплекс цитогенетичних показників радіаційного ураження лімфоцитів, що має особливе значення для діагностики ступеня гострої променевої хвороби та оцінки ефективності процесів інтенсивної терапії хворих. Отримані результати лягли в основу методу кількісної оцінки індивідуальної чутливості організму людини до дії радіації. Цей метод може бути використаний з метою як виявлення осіб з підвищеною індивідуальною радіаційною чутливістю, так і первинної профілактики радіогенних видів патології.

В ІЕПОР ім. Р.Є. Кавецького НАН України було розроблено інноваційні технології діагностики онкогематологічних захворювань населення України, в тому числі з найбільш постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС регіонів. Створено електронну базу даних, до якої занесено відомості про більш ніж 30 тис. хворих на різні форми та варіанти гемобластозів, діагностованих співробітниками відділу онкогематології впродовж 1996–2017 рр. Досліджували наступні категорії онкогематологічних хворих, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС: ліквідатори наслідків аварії у 1986–1987 рр.; мешканці радіоактивно забруднених територій України; особи, які зазнали впливу радіоактивного опромінення в 1986 р. у дитячому віці або *in utero*. Авторський колектив даної роботи був удостоєний премії Кабінету Міністрів України за 2017 р.

Про медико-біологічні наслідки аварії на ЧАЕС тривалий час проводяться дискусії на різних національних і міжнародних експертних рівнях. Однак на нинішньому етапі ключовою проблемою залишаються виклики пов'язані з подоланням стохастичних (канцерогенних) та нестохастичних (соматичних) наслідків короткотермінових та віддалених ефектів високих та малих доз радіації. Так,

зокрема експерти ВООЗ вважають, що психологічний вплив є найбільш масштабним та виокремлюють три можливі варіанти:

- “синдром жертви”: формування психології безпорадності та соціальної виключеності;
- посттравматичний стресовий розлад та депресія;
- стигматизація: проблеми самосприйняття та страх перед майбутнім нащадків.

Однак, на канцеронебезпечній складовій наслідків віддалених радіаційних ризиків акцентувала увагу Європейська комісія радіаційних ризиків (ECRR, Cris Busby, 2011) після аварії на станції Фукусіма. За розрахунковими даними в 100 км зоні навколо станції, де проживало 3,3 млн. людей, протягом десяти років прогнозували зростання на 191986 випадків додаткових захворювань на рак, а через 50 років в 200 км зоні очікується збільшення кількості випадків до 416619. За даними Міжнародної комісії з радіологічного захисту (ICRP) в 100 км зоні очікується додатково 6158 випадків захворюваності на рак протягом 50 років.

Аналізуючи віддалені медичні наслідки аварії на ЧАЕС можна констатувати, що чотири десятиліття вплинули на структуру захворюваності. Найбільш виражений і статистично підтверджений ефект щодо зростання захворюваності на рак щитоподібної залози. Особливо серед осіб дитячого віку в період 1986 р. Серед онкогематологічних хворих спостерігалось зростання випадків лейкозів у безпосередніх учасників ліквідації аварії. Збільшилась кількість випадків соматичних захворювань, переважно за рахунок росту патологічних станів серцево-судинної, ендокринної та травної систем.

Однак, висока гетерогенність людської популяції, широке варіювання меж індивідуальної радіочутливості, відсутність порогу дії іонізуючого випромінювання, особливості формування доз внутрішнього опромінення, висока радіочутливість імункомпетентних клітин і тривале збереження радіаційно-індукованих ушкоджень, підви-

щення ролі епігенетичних факторів (метилування промоторних ділянок генів і модифікації гістонів) у процесах радіаційного канцерогенезу, успадкування генетичних та епігенетичних радіаційних ефектів у низці поколінь потребують ґрунтовних наукових досліджень.

Ситуація, що склалася на всій території України з урахуванням наслідків військової агресії, свідчить про необхідність відновлення загальнодержавної програми подолання наслідків Чорнобильської катастрофи, що дозволить:

- дослідити закономірності формування віддалених ефектів низькоінтенсивної радіації (зовнішнє та внутрішнє опромінення) з урахуванням синергічної взаємодії з іншими негативними природними факторами;
- визначити донозологічні маркери формування груп ризику радіоіндукованих видів патології на основі молекулярних і цитогенетичних методів досліджень;
- розробити та впровадити засоби профілактики радіаційних ефектів, у тому числі онкопатології різних органів і систем;
- запропонувати комплексну систему імунореабілітації та відновлення організму з метою зменшення канцерогенного ризику іонізуючої радіації.

Не варто лишати поза увагою і еволюційно-позитивні наслідки природного добору, який змушував біологічні системи адаптуватися або гинути за умов дії високого рівня іонізуючого випромінювання. Найяскравішим прикладом “еволюційних змін” стали східні деревні жаби, які в умовах високих доз іонізуючого випромінювання змінили колір шкіри із яскраво-зеленого на майже чорний. Сформувалися види грибів збагачені високим вмістом меланіну, які здатні поглинати і використовувати енергію іонізуючого випромінювання для свого росту. Виявлені ці та інші еволюційні зміни можуть бути важливою ознакою для створення інноваційних технологій, для реалізації нових програм розвитку людства.

*Головний редактор журналу “Онкологія”
академік НАН України В.Ф. Чехун*