

ЧОРНОБИЛЬ: 40 РОКІВ ПОТОМУ..

ЗБІРНИК НАУКОВИХ МАТЕРІАЛІВ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ

25 квітня 2026 року
Україна, Київ



ГО «НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ»
НАЦІОНАЛЬНА КОМІСІЯ З РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ МИХАЙЛА ДРАГОМАНОВА
ІНСТИТУТ ПСИХОЛОГІЇ ІМЕНІ Г.С. КОСТЮКА НАПН УКРАЇНИ
ДНП «НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ МЕДИЧНИЙ РЕАБІЛІТАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНИЙ ЦЕНТР
МІНІСТЕРСТВА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ»
ДУ «ІНСТИТУТ ЕНДОКРИНОЛОГІЇ ТА ОБМІНУ РЕЧОВИН
ІМЕНІ В.П. КОМІСАРЕНКА НАМН УКРАЇНИ»
ДУ «НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР РАДІАЦІЙНОЇ МЕДИЦИНИ, ГЕМАТОЛОГІЇ ТА ОНКОЛОГІЇ НАМН УКРАЇНИ»
ДУ «ІНСТИТУТ МЕДИЦИНИ ПРАЦІ ІМЕНІ Ю. І. КУНДІЄВА НАМН УКРАЇНИ»
ДУ «ІНСТИТУТ НЕВРОЛОГІЇ, ПСИХІАТРІЇ ТА НАРКОЛОГІЇ ІМЕНІ П.В. ВОЛОШИНА НАМН УКРАЇНИ»
ВГОІ «СОЮЗ ЧОРНОБИЛЬ УКРАЇНИ»
СІЛЕЗЬКА АКАДЕМІЯ (AKADEMIA ŚLĄSKA) (РЕСПУБЛІКА ПОЛЬЩА)
ЛИТОВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ СПОРТУ (РЕСПУБЛІКА ЛИТВА)
ПОЛЬСЬКИЙ КАМПУС КИЇВСЬКОГО МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ (м. ВИДГІЩ, Польща)
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОЛОГО-НАТУРАЛІСТИЧНИЙ ЦЕНТР УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ МОН УКРАЇНИ
ГО «ВСЕУКРАЇНСЬКА ПРОФЕСІЙНА ПСИХІАТРИЧНА ЛІГА»
ГО «МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ОСВІТИ І НАУКИ»
МІЖНАРОДНА ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ «МІЖНАРОДНА АСОЦІАЦІЯ «ЗДОРОВ'Я СУСПІЛЬСТВА»
ГО «АСОЦІАЦІЯ ПСИХОТЕРАПЕВТІВ І ПСИХОАНАЛІТИКІВ УКРАЇНИ»
ВГО «УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ ЛІКАРІВ-ПСИХОЛОГІВ»
БЛАГОДІЙНИЙ ФОНД «МІСТ ІМЕНІ МИХАЙЛА САВЕНКА»
БЛАГОДІЙНИЙ ФОНД «ЧЕРВОНА ТРОЯНДА»

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЯ «ЧОРНОБИЛЬ: 40 РОКІВ ПОТОМУ ... »

25 квітня 2026 року
Україна, Київ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Київ
ДП «Експрес-об'ява»
2026

УДК 613.6+614.7/8+159.96+304+316.6+331
Ч 75

Ч 75 «**ЧОРНОБИЛЬ : 40 РОКІВ ПОТОМУ...**» : матеріали Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції (Київ, 25 квітня 2026 року). / упор. В. Шпак; за загальною редакцією С. Табачнікова. Київ : ДП «Експрес-об'ява», 2026. 75 с.

ISBN 978-617-7389-41-4

DOI: 10.51587/9786-1773-89414-2026-30

До збірника увійшли матеріали і тези доповідей, подані до оргкомітету учасниками Міжнародної науково-практичної конференції «**ЧОРНОБИЛЬ : 40 РОКІВ ПОТОМУ...**» (Київ, 25 квітня 2026 року). Матеріали будуть актуальними для науковців, працівників освіти, студентів, молодих учених і широкого кола читачів.

Тексти публікуються в авторській редакції. За науковий зміст і якість поданих матеріалів відповідають автори.

УДК 613.6+614.7/8+159.96+304+316.6+331

ISBN 978-617-7389-41-4

© ГО «НАН ВО УКРАЇНИ», 2026

З М І С Т

I. СУСПІЛЬНІ НАУКИ

ПРАВОВІ АСПЕКТИ ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ ЧОНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ.....	5
<i>БОБРОВНИК Світлана Василівна</i>	

СОЦІОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ З ВЕТЕРАНАМИ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС В УКРАЇНІ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА МІЖНАРОДНИЙ КОНТЕКСТ.....	10
<i>КУЗНІЧЕНКО Сергій Олександрович</i>	

II. СОЦІАЛЬНО-ГУМАНІТАРНІ НАУКИ

ВІД ЧОРНОБИЛЯ ДО ВІЙНИ: РАДІАЦІЙНА ПСИХІАТРІЯ ЯК МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПРЕЦЕДЕНТ БІОПСИХОСОЦІАЛЬНОГО РОЗУМІННЯ ХРОНІЧНОЇ ТРАВМИ.....	14
<i>БЕРО Михайло Павлович</i>	

ЧОРНОБИЛЬ ЯК УРОК ДЛЯ МОЛОДІ У ФОРМУВАННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ТА БЕЗПЕКИ.....	16
<i>ВЕРБИЦЬКИЙ Володимир Валентинович</i>	

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ДРАЙВЕР ПРОГНОЗУВАННЯ ГУМАНІТАРНИХ РИЗИКІВ ТА УПРАВЛІННІ КРИЗОВИМИ СИТУАЦІЯМИ.....	20
<i>ВОРОНКОВА Валентина Григорівна, ШИЛО Галина Миколаївна, НІКІТЕНКО Віталіна Олександрівна, КИВЛЮК Ольга Петрівна</i>	

ВТРАЧЕНІ РОКИ ПОТЕНЦІЙНОГО ЖИТТЯ ВНАСЛІДОК ПЕРЕДЧАСНОЇ СМЕРТНОСТІ ВІД ЗОВНІШНІХ ПРИЧИН СЕРЕД УЧАСНИКІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС: ВИКЛИКИ ДЛЯ ПСИХІАТРИЧНОЇ СЛУЖБИ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	34
<i>ЗІЛЬБЕРБЛАТ Геннадій Михайлович, ПОСТРЕЛКО Валентин Михайлович, ГУНЬКО Наталія Володимирівна, БІЛИЙ Дмитро Олександрович</i>	

III. ПРИРОДНИЧІ НАУКИ

**СИНЕРГІЗМ РАДІАЦІЙНОГО
ТА ХІМІЧНОГО КАНЦЕРОГЕНЕЗУ: ПАТОФІЗІОЛОГІЯ
ДЕКОМПЕНСАЦІЇ РЕПАРАТИВНИХ СИСТЕМ У
ПОСТЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ КОГОРТІ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО
ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ УКРАЇНИ 43**

*КИРИЛЕНКО Єва Олексіївна,
ЗЯБЛИЦЕВ Сергій Володимирович*

**СТРАТЕГІЧНА РОЛЬ АЛІМЕНТАРНОГО ЧИННИКА У МІНІМІЗАЦІЇ
РАДІОЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ: ВІД ЧОРНОБИЛЯ ДО СУЧАСНИХ
ЗАГРОЗ ЯДЕРНОГО ТЕРОРИЗМУ 56**

МАТАСАР Ігнат Тимофійович

IV. ТЕХНІЧНІ НАУКИ

**ВИКОРИСТАННЯ БІОАКТИВНИХ РОСЛИННИХ
ДОБАВОК У ТЕХНОЛОГІЇ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА 64**

*КРАВЧЕНЮК Христина Юріївна,
БУЧКОВСЬКИЙ Олександр Романович*

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХЛІБА
З ПІДВИЩЕНОЮ АНТИОКСИДАНТНОЮ АКТИВНІСТЮ 68**

*ЛЯЛИК Анастасія Тарасівна,
ЛЕВЕНЕЦЬ Марія Олегівна*

**ФОРМУВАННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ХЛІБА ШЛЯХОМ
ЗАСТОСУВАННЯ БІЛКОВІСНОЇ СИРОВИНИ 72**

*ЛЯЛИК Анастасія Тарасівна,
МИСЬКО Софія Романівна*

I. СУСПІЛЬНІ НАУКИ

ПРАВОВІ АСПЕКТИ ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ ЧОНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

БОБРОВНИК Світлана Василівна,
доктор юридичних наук, професор,
професор кафедри теорії та історії права та держави,
Навчально-наукового інституту права
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
ORCID ID: 0000-0002-9225-8871

Однією із важливих функцій сучасного права є правове регулювання подолання наслідків різноманітних техногенних та природних катастроф. Саме право, втілюючись у нормах надзвичайного законодавства, надає можливість зберегти суспільний порядок у складних для суспільства умовах, захистити та відновити соціально-екологічні права, відновити порушений катастрофою баланс природних ресурсів. В умовах надзвичайних ситуацій, який би характер вони не мали, роль права залишається надзвичайно важливою як в аспекті упорядкування відносин та забезпечення суспільної безпеки, так і в аспекті подолання негативних для суспільства наслідків.

Не складає виключення і правове забезпечення подолання наслідків Чорнобильської катастрофи, яка мала негативний вплив не лише на Україну, а і на світове співтовариство. На нашу думку, з'ясування особливостей правового впливу пов'язується із загальною характеристикою чорнобильського законодавства, його позитивним значенням та недоліками, а також обґрунтуванням основних шляхів його вдосконалення в сучасних, складних для нашої держави умовах, адже основна проблема подолання наслідків чорнобильської катастрофи – недолуге, необґрунтоване чорнобильське законодавство. По-перше, воно було і є несумісне з економічною спроможністю, адже на момент прийняття у лютому 1991 року за підрахунками Міністерства фінансів річні витрати на реалізацію передбачених законами компенсацій та робіт становили 4 млрд. крб., тоді як реально бюджет держави для забезпечення всіх передбачених пільг, доплат, оздоровчих мав лише 580 млн. крб., а решту передбачалося отримати із союзного бюджету. Однак, відсутність цих коштів обумовила декларативність більшості законодавчих положень.

По-друге, законодавство України як суб'єкта федерації не могло протирічити загально федеральному законодавству, в межах якого були відсутні нормативно-правові акти надзвичайного характеру, що ускладнило можливості ефективного правового регулювання. По-третє, радіологічна і соціальна необґрунтованість, невиправдано низькі значення критеріїв віднесення територій до радіоактивно забруднених, а населення до постраждалих та неефективність механізму перегляду меж зон спричинили декларативність більшості його положень.

В цілому чорнобильське законодавство налічує більше 800 нормативних та індивідуальних актів. Серед них більше 10 законів та ратифікованих міжнародних договорів, більше 100 актів Кабінету Міністрів України, 120 актів центральних органів виконавчої влади, 130 Указів Президента. Така кількість документів ускладнює процес правового регулювання. Більшість із них прийняті ще минулого століття і не відображають сучасних проблем і викликів, що потребує їх перегляду та внесення змін і доповнень. Так, наприклад, до Закону України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали в наслідок Чорнобильської катастрофи» з 1991 року вже було внесено 71 зміну і доповнення. Викликає заперечення і сама назва закону, що торкається лише громадян, адже ліквідацію наслідків чорнобильської катастрофи забезпечували і іноземці, і особи без громадянства, які проживають в Україні, що ускладнює можливість його застосування. Необхідно зазначити, що на практиці дія окремих статей цього закону неодноразово зупинялась (в основному через брак коштів та політичну кон'юнктуру), а розміри компенсаційних виплат встановлювалися урядовими актами, про що неодноразово наголошував у своїх рішеннях Конституційний Суд України. Слід погодитись із висновком Л.І.Пилипюка про те, що чорнобильське законодавство характеризується відсутністю цілісної стратегії розвитку, домінуванням підзаконних нормативно-правових актів над законодавчими, а індивідуальних над нормативними, розпорошеністю та розбалансованістю нормативно-правового регулювання відносин щодо ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи, недостатністю врахування міжнародного досвіду і практики з цих питань[1, с.25]. На нашу думку до цих недоліків можливо віднести відсутність механізмів реалізації декларованих положень, неможливість забезпечити матеріальну основу втілення законодавчих положень, безсистемність нормативного регулювання та відсутність єдиного

кодіфікованого акту, який би забезпечив упорядкування нормативної бази на основі єдиних принципів, відсутність Загальнодержавної програми зняття з експлуатації та перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему.

Чорнобильське законодавство, будучи заснованим на виключній відповідальності держави, не стало ефективним засобом подолання наслідків чорнобильської катастрофи, навіть в умовах збройної агресії. Існує велика заборгованість держави щодо виплат особам, які постраждали від чорнобильської катастрофи та спроби щодо їх звуження. Так, розмір щомісячної грошової компенсації вартості продуктів харчування, віднесених до 1 та 2 категорії осіб, постраждалих від Чорнобильської катастрофи, на 2024 рік становила від 239,5 до 589 грн. на місяць. Не проводиться щорічна дозиметрична паспортизація, постійно скорочується кількість населених пунктів, віднесених до зон радіоактивного забруднення. Так, у червні 2023 року до такого списку було внесено 155 із раніше визначених 863 населених пунктів, що викликало категоричну незгоду населення та підписання електронної петиції 25102 особами [2]. В цьому відношенні підтримуємо ідею відомої вченої в галузі ядерного права Г.І.Балюк про те, що при затвердженні нового переліку населених пунктів зон радіоактивного забруднення необхідно враховувати експертні висновки про радіологічний стан населених пунктів за сучасними результатами загальнодержавної дозиметричної паспортизації, а не висновки 2011 року [3, с.203]. Важливість такого рішення обумовлюється і тим, що під час перебування Чорнобильської АЕС під контролем росії в результаті здійснення земляних, вибухових робіт, маневрів військової техніки відбулося збільшення значної кількості радіоактивного пилу і радіації, що потребує оновлення відповідних висновків.

Недосконалість законодавства призводить до того, що часто громадяни змушені звертатися до суду за захистом власних прав, передбачених законодавчо. Значна кількість таких справ розглядається і Конституційним Судом України. Його рішення торкаються питань додаткових гарантій соціального захисту 2005, 2018, 2021 рр.), обмеження чи скасування деяких пільг (2021, 2023 рр.), неприпустимості заміни пільг іншими видами компенсації (2023 р.), скасування обмежень максимального розміру пенсій чорнобильцям (2024 р.). Однак, не справедливим та цинічним є правило, передбачене у зразковому рішенні Великої Па-

лати Верховного Суду №240/4937/18, відповідно до якого доплату для пенсіонерів-чорнобильців виплачують лише тим із них, хто звернувся до суду (!).

Існує і ще одна велика проблема, не врегульована законодавчо. Торкається вона змін, внесених до Кодексу України про адміністративні правопорушення, щодо визначення дрібного викрадення чужого майна. За викрадення майна на суму, що не перевищує 302 грн. (дані на 2025 рік) настає адміністративна відповідальність (ст.51 КУпАП). Це призвело до того, що за різними даними щорічно із чорнобильської зони вивозилось від 1500 до 2000 тон опромінених металовиробів, які безконтрольно постачалися на приймальні пункти чи реалізувалися приватно. Це сприяло безконтрольному та безкарному розповсюдженню радіації по всій Україні.

Важко погодитись із висловленою Л.А.Канівець думкою про те, що екологи спостерігають постійне зменшення кількості радіонуклідів, що у поєднанні з евакуацією населення і припиненням господарської діяльності, суттєво поліпшило радіаційну ситуацію у Чорнобильській зоні і вектор екологічної політики держави повинен зміститися від подолання наслідків Чорнобильської катастрофи до використання можливостей територій [4, с.114]. Сучасний стан Чорнобильської зони потребує суттєвого вдосконалення законодавства шляхом:

- ✓ розробки Національної програми подолання наслідків Чорнобильської катастрофи;
- ✓ розробки кодифікованого акту Кодексу правового статусу Чорнобильської зони, що забезпечив би єдність правового регулювання у цій сфері;
- ✓ формування і закріплення механізмів гарантування незмінності системи прав, гарантій та пільг ліквідаторам Чорнобильської катастрофи та постраждалим від її наслідків громадянам;
- ✓ формування державної політики подолання наслідків Чорнобильської катастрофи на тривалу перспективу;
- ✓ внесення змін до діючих нормативноправових актів з відображення акцентів на подолання наслідків в умовах воєнної агресії, що створили б законодавчу базу для забезпечення функціонування Запорізької АЕС та інших атомних електростанцій, що потерпають від бойових дій та захоплення загарбниками;

- ✓ формування спеціального Чорнобильського бюджету, націленого на подолання негативних наслідків Чорнобиля та соціальне забезпечення населення;
- ✓ нормативного визначення критеріїв радіологічної реабілітації територій;
- ✓ запровадження дозового критерію розмежування зон радіоактивного забруднення;
- ✓ підвищення ролі місцевих органів влади, які функціонують на постраждалих територіях, шляхом накопичення коштів на спеціальних рахунках для забезпечення соціальних виплат та подолання наслідків катастрофи.

За таких змін та за умови формування механізмів реалізації законоположень чорнобильське законодавство забезпечить нормативну основу ефективного подолання наслідків Чорнобильської катастрофи та гідний соціальний захист постраждалого від її негативних наслідків населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пилипюк Л.І. Загальна характеристика законодавства про ліквідацію наслідків Чорнобильської катастрофи: науково-правовий аспект. *Правове регулювання економіки*. 2010. №10. С.20-29.
2. Електронна петиція «Про категоричну незгоду прийняття постанови Кабміну «Про затвердження переліку населених пунктів, віднесених до зон радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, та визначення такими, що втратили чинність деяких актів» від 5 липня 2023 року №41/005129-23еп. *Офіційний веб-сайт Кабінету Міністрів України*.
3. Балюк Г.І., Малюга Л.Ю., Ковальчук Т.Г. Чорнобильська катастрофа: соціально-економічні правові проблеми. Минуле і сучасність. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2024. №12. С.199-204.
4. Канівець Л.А. Правове забезпечення збереження природних екосистем і видів у Чорнобильській зоні відчуження. *Правова позиція*. 2021. №2(31). С.113-118.

УДК 316.334:364.04-058.65(477)

СОЦІОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ З ВETERАНАМИ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС В УКРАЇНІ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА МІЖНАРОДНИЙ КОНТЕКСТ

КУЗНІЧЕНКО Сергій Олександрович,

доктор юридичних наук, професор,

Провідний науковий співробітник,

Науково-дослідний інститут Правового забезпечення
інноваційного розвитку Національної академії

правових наук України, м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0001-9278-2756

***Анотація.** У статті досліджено трансформацію системи соціальної підтримки ветеранів-ліквідаторів наслідків аварії на Чорнобильській АЕС. Проаналізовано динаміку якості життя, рівень інституційної довіри та вплив повномасштабної війни на ретравматизацію цієї групи. На основі статистичних даних та соціологічних опитувань обґрунтовано необхідність переходу від субсидіарної моделі до комплексної екосистеми підтримки.*

***Ключові слова:** ветерани, соціологічні дослідження, чорнобильська катастрофа.*

SOCIOLOGICAL ANALYSIS OF WORK WITH VETERANS OF THE CHERNOBYL NPP ACCIDENT IN UKRAINE: CURRENT CHALLENGES AND INTERNATIONAL CONTEXT

Sergii KUZNICHENKO,

Doctor of Law, Professor,

Leading researcher,

Research Institute

Legal support of innovative development

National Academy of Legal Sciences of Ukraine,

m. Kharkiv, Ukraine

***Abstract.** The article examines the transformation of the system of social support for veterans-liquidators of the consequences of the accident at the*

Chernobyl nuclear power plant. The dynamics of the quality of life, the level of institutional trust and the impact of a full-scale war on the retraumatization of this group are analyzed. On the basis of statistical data and sociological surveys, the need to move from a subsidiary model to a complex support ecosystem is substantiated.

Key words: veterans, sociological research, Chernobyl disaster

Аварія на Чорнобильській АЕС 1986 року сформувала унікальну соціальну спільноту – ліквідаторів. Але навіть через 40 років після катастрофи ця група стикається з «подвійною вразливістю»: віковою крихкістю та новими викликами воєнного стану в Україні. Особливо це відчувається останнім часом. Соціологічне осмислення їхнього стану є критичним для розробки стратегій національної стійкості в Україні [1–5].

В першу чергу розглянемо соціально-демографічний профіль та стан здоров'я ветеранів-чорнобильців. Так, згідно статистичних даних, станом на 2024 рік в Україні налічується близько 1,6 млн осіб, які мають статус постраждалих, з яких понад 185 000 – безпосередні ліквідатори [7]. Соціологічний аналіз виявляє аномально високий рівень інвалідизації: понад 60% ветеранів мають офіційно підтверджену інвалідність. Медична статистика ДУ «ННЦРМ НАМН України» за 2024 рік фіксує стрімке погіршення показників [11]. Зокрема, рівень психічних розладів та стресових станів серед ліквідаторів зріс на 52,3% порівняно з 2021 роком, що корелює з соціологічними даними про ретравматизацію внаслідок окупації Зони відчуження у 2022 році [8]. Основним фінансовим тягарем для 78% респондентів є купівля медикаментів для лікування хронічних захворювань. За даними якісних інтерв'ю, 64% ліквідаторів відчувають певну міру «соціальної занедбаності» з боку держави, особливо в питаннях оздоровлення та санаторно-курортного лікування [3].

Правовою основою роботи з ветеранами є Закон України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи» [10]. Але соціологічні опитування Центру Разумкова показують, що лише 12–15% респондентів задоволені рівнем безоплатного медичного забезпечення [3]. В останні роки середній розмір пенсії ліквідаторів з інвалідністю зріс на 15–20%. Однак через інфляцію, що супроводжує воєнний стан, купівельна спроможність цієї групи впала на 12% порівняно з 2021 роком [12]. Кількість судових позовів щодо

перерахунку виплат (Справа «Бурін та інші проти України» (Європейський Суд з прав людини)) свідчить про глибоку кризу довіри до державних інституцій, яка в цій групі сягає 80% [13]. Дуже велика роль громадського сектору та міжнародного досвід для удосконалення роботи з ветеранами. Так Громадські організації, як «Союз Чорнобиль Україна», виконують роль «соціального буферу між ветеранською спільнотою та державою». Рівень довіри до них (55%) значно перевищує довіру до органів влади (20%) [6]. У порівнянні з японським досвідом після Фукусіми, де довіра до медичного моніторингу становить 72%, українська модель потребує більшої прозорості та залучення ветеранів до управління програмами підтримки [9].

Поєднання та аналіз цих даних Соціологічного аналізу дозволяє зробити фінальний висновок: робота з ветеранами Чорнобильської АЕС в Україні сьогодні вимагає створення «Екосистеми підтримки» (від пасивних виплат до активного управління якістю життя). Це не лише гроші, а інтегрований підхід: **Закон + Медицина + Психологія**. Тільки через визнання ветеранів «активними суб'єктами історії», а не «пасивними отримувачами пільг», ми зможемо досягти справжнього соціального зцілення цієї вразливої групи в умовах тривалої війни. Суспільство повинно усвідомлювати свою роль в всебічному забезпеченні ветеранів цієї катастрофи. Це вплине на сучасний рівень національної безпеки в Україні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Україна: 30 років після Чорнобиля. Соціологічний вимір : аналітична доповідь / за ред. В. С. Степаненка. Київ : Інститут соціології НАН України, 2016. 184 с.
2. Трансформація соціального захисту постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи в умовах реформ: аналітична записка. *Національний інститут стратегічних досліджень*. 2023. URL: <https://niss.gov.ua>.
3. Стан соціальної захищеності ветеранів та осіб похилого віку в Україні : результати загальнонаціонального опитування. *Центр Разумкова*. 2023. URL: <https://razumkov.org.ua>.
4. Барановська Н. П. Чорнобильська катастрофа в публікаціях та соціологічних дослідженнях: історичний аспект. *Український історичний журнал*. 2019. № 2. С. 144–160.
5. Petryna A. *Life Exposed: Biological Citizens after Chernobyl*. Princeton : Princeton University Press, 2013. 320 p.

6. Соціальні наслідки Чорнобильської катастрофи: соціологічний моніторинг (1991–2021) / за ред. Ю. П. Саєнка. Київ : Стилос, 2021. 256 с.
7. Звіт про стан національної безпеки та цивільного захисту в умовах збройної агресії : статистичний збірник. Київ : Міністерство соціальної політики України, 2024. 112 с.
8. Вплив окупації зони відчуження на психологічний стан ліквідаторів : матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Чорнобиль: досвід та майбутнє». Київ, 2023. С. 45–48.
9. Health and Social Issues after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: A Comparative Analysis with Chernobyl. *Journal of Radiation Research*. 2021. Vol. 62. Issue 1. P. 12–25.
10. Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи : Закон України від 28.02.1991 № 796-XII (із змінами та доповненнями станом на 2025 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
11. Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 38 років по тому : статистичний звіт Державної установи «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України». Київ, 2024. 64 с.
12. Особливості пенсійного забезпечення чорнобильців в умовах воєнного стану : роз'яснення Пенсійного фонду України. 2024. URL: <https://www.pfu.gov.ua>.
13. Рішення ЄСПЛ у справах «Бурін та інші проти України»: системні проблеми виконання соціальних гарантій : аналітичний огляд. *Юридична газета*. 2024. № 5. С. 12–14.

II. СОЦІАЛЬНО-ГУМАНІТАРНІ НАУКИ

ВІД ЧОРНОБИЛЯ ДО ВІЙНИ: РАДІАЦІЙНА ПСИХІАТРІЯ ЯК МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПРЕЦЕДЕНТ БІОПСИХОСОЦІАЛЬНОГО РОЗУМІННЯ ХРОНІЧНОЇ ТРАВМИ

БЕРО Михайло Павлович,
доктор медичних наук,
професор, заслужений лікар України
Київ, Україна

Катастрофа на Чорнобильській АЕС стала не лише техногенним і екологічним зламом, а й подією, що радикально змінила уявлення про межі психіатрії, клінічної психології та медицини загалом. Уперше в історії медицини людство зіткнулося з масовим, хронічним і водночас невизначеним за своїми наслідками впливом, який поєднував біологічну загрозу, інформаційний хаос, соціальну дезорганізацію та глибоку екзистенційну тривогу. Саме в цьому контексті наприкінці ХХ століття сформувалася радіаційна психіатрія – не як окрема вузька галузь, а як методологічний виклик класичному нозологічному мисленню.

Клінічні спостереження за ліквідаторами аварії на ЧАЕС, евакуйованими, мешканцями забруднених територій і членами їхніх родин продемонстрували, що домінуючими стають не органічні синдроми в традиційному розумінні, а поліморфні астенічні, тривожні, депресивні, когнітивні та психосоматичні порушення. Їхня структура виявилася надзвичайно варіабельною, контекстуально залежною і тісно пов'язаною з соціальними умовами, інформаційним тиском, рівнем довіри до інституцій та сімейними відносинами. Спроби вписати ці стани у жорсткі діагностичні категорії виявилися методологічно обмеженими і клінічно малоефективними.

У ході цих досліджень поступово стало очевидно, що мова йде про напруження, перевантаження і дезорганізацію регуляторних систем людини. Психічні симптоми в цьому контексті слід було розглядати не як ізольовану патологію, а як форму адаптаційної, хоча й часто болісної, захисної відповіді на хронічну загрозу. Саме тоді мною була сформульована ідея біопсихосоціального захисту як інтегральної регуляторної системи, що

формується на перетині біологічних реакцій, психологічних механізмів і соціальних умов.

Принципово важливим відкриттям радіаційної психіатрії стало розуміння того, що захист не є однозначно позитивним феноменом. За умов тривалого і невизначеного стресу адаптаційні механізми можуть втрачати гнучкість, фіксуватися і трансформуватися у джерело вторинної патології. Хронічна тривога, гіперконтроль, соматизація, емоційне оніміння або агресивні реакції перестають виконувати захисну функцію і починають руйнувати як психічне здоров'я індивіда, так і його соціальні зв'язки. Ця логіка задовго передувала сучасним концепціям алоstaticного навантаження та алоstaticної превтоми, які нині активно обговорюються в нейробиології стресу.

Не менш значущим внеском радіаційної психіатрії стало усвідомлення сімейного і трансгенераційного виміру травми. Наслідки аварії на ЧАЕС не обмежувалися безпосередніми учасниками подій. Вони опосередковувалися через стилі виховання, батьківську тривогу, сімейні наративи, мовчання або, навпаки, нав'язливе обговорення катастрофи. Таким чином формувалися стійкі моделі регуляції страху і небезпеки, які передавалися наступним поколінням не лише через слова, а й через емоційні патерни та поведінкові сценарії.

Попри те, що радіаційний фактор сьогодні не є актуальним для більшості популяцій, радіаційна психіатрія зберігає своє значення як своєрідна «чиста модель» хронічної екстремальної травми. У ній з максимальною наочністю проявилися межі редукаціоністського підходу і необхідність системного, біопсихосоціального бачення людини в умовах тривалого стресу.

Саме тому досвід радіаційної психіатрії має пряму методологічну спадковість у аналізі психічних наслідків сучасної війни. Повномасштабна війна РФ проти України, що триває з 2022 року, є унікальним за тривалістю, інтенсивністю та глибиною соціальних наслідків травматичним процесом. Вона охоплює не лише військових, а все цивільне населення, руйнує інфраструктуру, соціальні інститути, життєві плани і базове відчуття безпеки.

Психічна травматизація в цих умовах не може бути адекватно описана виключно в термінах посттравматичного стресового розладу. Йдеться про хронічну, комплексну і соціально опосередковану травму,

що пронизує всі рівні існування – від нейробіологічної регуляції до колективної ідентичності. Війна формує специфічні режими біопсихосоціального захисту, які включають мобілізацію, емоційне притуплення, поляризацію «свій-чужий», а іноді й легітимацію агресії як способу виживання.

В українському контексті особливого значення набуває релігія як форма колективного екзистенційного захисту. В умовах руйнування звичних соціальних структур релігійні наративи, ритуали та спільнотні практики виконують функції стабілізації ідентичності, підтримання смислової тяглості та трансгенераційної передачі стійкості. Водночас війна оголює і зворотний бік цього процесу: релігія може бути інструменталізована, перетворена на елемент макросоціальної агресії, виправдання насильства і дегуманізації. Таким чином, шлях від Чорнобиля до повномасштабної війни в Україні демонструє не розрив, а глибоку методологічну тяглість. Обидва феномени виявляють обмеженість вузько медичного мислення і потребують цілісного біопсихосоціального підходу, в центрі якого знаходиться не діагноз, а людина у своїх захисних, адаптаційних і водночас вразливих формах існування. Саме в цьому полягає головний урок радіаційної психіатрії для розуміння сучасної воєнної та трансгенераційної травми.

ЧОРНОБИЛЬ ЯК УРОК ДЛЯ МОЛОДІ У ФОРМУВАННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ТА БЕЗПЕКИ

ВЕРБИЦЬКИЙ Володимир Валентинович,
доктор педагогічних наук, професор,
директор НЕНЦ,
м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0001-7045-8293

***Анотація.** У статті розглянуто Чорнобильську катастрофу як важливий чинник формування екологічної культури та безпеки молоді. Проаналізовано освітній, виховний і науковий потенціал чорнобильської тематики.*

Ключові слова: *Чорнобиль, екологічна культура, безпека, молодь, екологічна освіта.*

Вступ. Чорнобильська катастрофа 1986 року стала однією з наймасштабніших техногенних трагедій в історії людства. Її наслідки вийшли далеко за межі України, вплинувши на екологічний стан значної частини Європи та світу. Радіоактивне забруднення, евакуація населення, довготривалі медичні та соціальні наслідки перетворили цю подію на глобальний виклик для науки, політики та освіти.

У сучасних умовах Чорнобиль розглядається не лише як символ трагедії, а й як важливий освітній ресурс для формування екологічної культури та безпеки, особливо серед молоді. Осмислення цієї події сприяє розвитку системного мислення, усвідомленню причинно-наслідкових зв'язків між діяльністю людини та станом довкілля, а також формуванню відповідального ставлення до використання технологій.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю пошуку ефективних підходів до екологічної освіти, що забезпечують не лише засвоєння знань, а й формування практичного мислення, здатності діяти в умовах ризику та невизначеності.

Огляд літератури. Проблема формування екологічної культури розглядається у працях вітчизняних і зарубіжних науковців як складне міждисциплінарне явище, що поєднує знання, цінності та поведінкові практики. Особлива увага приділяється розвитку екологічної свідомості як основи сталого розвитку суспільства.

Дослідження наслідків Чорнобильської катастрофи підкреслюють необхідність формування культури безпеки та відповідального ставлення до технологій. У роботах зарубіжних авторів акцентується увага на довгострокових екологічних та соціальних наслідках аварії, а також на ролі освіти у запобіганні подібним катастрофам у майбутньому.

Сучасні підходи до екологічної освіти передбачають використання інтерактивних технологій, проєктного навчання та інфографіки як засобів розвитку практичного мислення та формування компетентностей.

Методи. У дослідженні використано комплекс теоретичних і практичних методів. До теоретичних належать аналіз, синтез, узагальнення та систематизація наукових джерел, що дозволило визначити основні підходи до формування екологічної культури молоді.

Практичні методи включають педагогічне моделювання освітніх ситуацій, спрямованих на розвиток екологічного мислення, а також елементи кейс-методу, що базуються на аналізі реальних подій Чорнобильської катастрофи.

Застосування міждисциплінарного підходу дозволило інтегрувати знання з екології, педагогіки, психології та безпеки життєдіяльності.

Результати та обговорення.

Одним із ключових уроків Чорнобиля є усвідомлення відповідальності людини за свої дії у взаємодії з природою. Аварія продемонструвала, що навіть незначні помилки у складних технічних системах можуть мати катастрофічні наслідки. Це підкреслює необхідність формування у молоді системного мислення та здатності оцінювати ризики.

Формування екологічної культури передбачає розвиток трьох взаємопов'язаних компонентів: когнітивного (знання), ціннісного (ставлення) та поведінкового (дії). У контексті чорнобильської тематики це означає не лише вивчення фактів, а й формування емоційного ставлення та готовності до відповідальних дій.

Важливу роль відіграють інноваційні освітні технології. Використання інфографіки дозволяє візуалізувати складні процеси, зокрема поширення радіації, екологічні наслідки та динаміку відновлення екосистем. Проектна діяльність сприяє залученню учнівства до активного пізнання, а польові дослідження формують практичні навички аналізу довкілля.

Чорнобиль також є важливим прикладом формування культури безпеки. Молодь повинна розуміти принципи техногенної та радіаційної безпеки, вміти діяти у надзвичайних ситуаціях та критично оцінювати інформацію про ризики.

Особливого значення набуває розвиток критичного мислення, яке дозволяє аналізувати інформацію, уникати маніпуляцій та приймати обґрунтовані рішення. Це є важливою складовою підготовки молоді до життя в умовах сучасного техногенного суспільства.

Зона відчуження сьогодні виступає як унікальна природна лабораторія. Дослідження процесів відновлення екосистем, адаптації організмів до радіаційного впливу та змін біорізноманіття сприяють розвитку наукового мислення та інтересу до дослідницької діяльності.

Крім того, чорнобильська тематика має значний виховний потенціал. Вона сприяє формуванню громадянської відповідальності, поваги

до історичної пам'яті та усвідомлення цінності людського життя. Осмислення подвигу ліквідаторів формує моральні орієнтири та соціальну відповідальність.

Висновки.

Чорнобиль є не лише трагедією минулого, а й потужним освітнім ресурсом, що має значний потенціал для формування екологічної культури та безпеки молоді. Його осмислення сприяє розвитку системного мислення, відповідального ставлення до довкілля та здатності діяти в умовах ризику.

Ефективне використання чорнобильської тематики в освітньому процесі потребує впровадження інноваційних методів навчання, орієнтованих на практичну діяльність та формування компетентностей.

Таким чином, Чорнобиль має стати не лише об'єктом вивчення, а й інструментом формування покоління, здатного забезпечити екологічну безпеку та сталий розвиток суспільства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. International Atomic Energy Agency. (2006). *Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: Twenty years of experience*. Vienna: IAEA.
2. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2008). *Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 report*. New York: United Nations.
3. World Health Organization. (2006). *Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes*. Geneva: WHO Press.
4. Smith, J. T., & Beresford, N. A. (2005). *Chernobyl: Catastrophe and consequences*. Berlin: Springer.
5. Алексеев, О. В. (2010). Екологічна освіта та формування екологічної культури молоді. *Педагогіка і психологія*, 3, 45–52.
6. Кучерявий, В. П. (2001). *Екологія*. Львів: Світ.
7. Степаненко, А. І. (2015). Формування екологічної свідомості учнів у процесі навчання. *Наукові записки педагогічного університету*, 2, 112–118.

REFERENCE

1. International Atomic Energy Agency. (2006). *Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: Twenty years of experience*. Vienna: IAEA.
2. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2008). *Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 report*. New York: United Nations.

3. World Health Organization. (2006). *Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes*. Geneva: WHO Press.
4. Smith, J. T., & Beresford, N. A. (2005). *Chernobyl: Catastrophe and consequences*. Berlin: Springer.
5. Aleksieiev, O. V. (2010). Environmental education and formation of ecological culture of youth. *Pedagogy and Psychology*, 3, 45–52.
6. Kucheriavyi, V. P. (2001). *Ecology*. Lviv: Svit.
7. Stepanenko, A. I. (2015). Formation of students' ecological consciousness in the learning process. *Scientific Notes of Pedagogical University*, 2, 112–118.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ДРАЙВЕР ПРОГНОЗУВАННЯ ГУМАНІТАРНИХ РИЗИКІВ ТА УПРАВЛІННІ КРИЗОВИМИ СИТУАЦІЯМИ

ВОРОНКОВА Валентина Григорівна,

д-р філос. наук, професор, академік НАН ВО України,
Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID ID: 0000-0002-0719-1546

ШИЛО Галина Миколаївна,

д-р технічних наук, професор,
Ректорка, Запорізький національний університет
ORCID ID: 0000-0002-5020-6707

НІКІТЕНКО Віталіна Олександрівна,

д-р філос. наук, професор,
Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID ID: 0000-0001-9588-7836

КИВЛЮК Ольга Петрівна

д-р філос.н., професор,
завідувач кафедри філософії та психології,
Київський університет інтелектуальної
власності та права,
ORCID ID: 0000-0002-7900-9299

Анотація. У статті показано, що штучний інтелект (ШІ) активно використовується для прогнозування гуманітарних ризиків та виявлення

кризових ситуацій. Він дозволяє аналізувати великі обсяги даних, оцінювати соціальні, економічні та екологічні загрози, підтримувати прийняття ефективних управлінських рішень. Водночас застосування ШІ потребує уваги до етичних, соціальних та правових аспектів, щоб мінімізувати потенційні негативні наслідки для суспільства.

Ключові слова: *штучний інтелект, гуманітарні ризики, управління кризовими ситуаціями, цифрова гуманітарна стійкість*

Вступ. Постановка проблеми. У XXI столітті людство вступило в епоху комплексних криз, де війна, кліматичні зміни, технологічні аварії та соціальні трансформації переплітаються в єдиний вузол невизначеності. Для України ця реальність не є абстрактною теорією, вона має конкретні людські виміри: переміщені родини, зруйновані громади, перервані економічні ланцюги. У такому контексті штучний інтелект постає не лише як технологія, а як нова форма раціональності – інструмент передбачення, координації та солідарності. Філософський вимір застосування ШІ у сфері гуманітарних ризиків пов'язаний із переосмисленням самої природи ризику. Якщо в індустріальну епоху ризик розумівся як наслідок технічної помилки або природної стихії, то сьогодні він набуває системного характеру. Ризик – це мережа взаємозалежностей, де локальний конфлікт може мати глобальні наслідки. Саме тому традиційні механізми реагування – повільні, ієрархічні, фрагментарні – вже не відповідають швидкості сучасних викликів. Штучний інтелект змінює саму логіку управління: від реакції – до превенції, від інтуїтивних рішень – до аналітично обґрунтованих сценаріїв. Інноваційний аспект полягає у здатності ШІ інтегрувати різноманітні дані – від супутникових знімків до соціальних сигналів – і перетворювати їх на прогностичні моделі. У цьому процесі технологія стає своєрідним «когнітивним підсилювачем» суспільства. Вона не замінює людину, а розширює її здатність бачити приховані закономірності. Таким чином формується нова парадигма управління кризами – мережево-аналітична, де рішення приймаються на основі комплексного аналізу та сценарного мислення. Проте впровадження ШІ у гуманітарну сферу потребує етичного осмислення. Дані про переміщення людей, соціальні настрої чи вразливі групи є чутливими. Використання алгоритмів повинно спиратися на принципи прозорості, відповідальності та поваги до людської гідності. Тут постає

питання: чи може технологія бути нейтральною? Відповідь полягає в тому, що нейтральність визначається контекстом застосування. ШІ стає гуманістичним інструментом тоді, коли його метою є збереження життя, підтримка громад і зміцнення соціальної стійкості. Управління кризами за допомогою ШІ трансформує також поняття часу. Якщо раніше реагування відбувалося після настання події, то сьогодні можливе моделювання майбутніх сценаріїв. Прогнозування повеней, міграційних хвиль або дефіциту ресурсів дозволяє діяти проактивно. Це створює нову культуру безпеки – культуру передбачення. В українських умовах це означає можливість ефективнішого планування евакуацій, розподілу гуманітарної допомоги та відновлення інфраструктури. Інноваційність ШІ полягає також у його здатності об'єднувати різні рівні управління – локальний, національний і міжнародний. Алгоритмічні системи можуть синхронізувати діяльність державних структур, громадських організацій і міжнародних партнерів, зокрема таких як Організація Об'єднаних Націй чи Міжнародний Комітет Червоного Хреста. У цьому сенсі ШІ стає не лише інструментом аналізу, а й платформою координації. Водночас філософія ко-інновації передбачає, що технологічний розвиток не може бути відокремлений від соціального. ШІ у гуманітарній сфері має впроваджуватися через партнерство держави, науки, бізнесу та громадянського суспільства. Такий підхід формує нову модель відповідальності – розподілену, але узгоджену, адже інновація стає спільною справою, а не монополією окремих структур. Отже, штучний інтелект у прогнозуванні гуманітарних ризиків – це не лише технологічна модернізація, а глибинна трансформація мислення. Він відкриває можливість переходу від культури реагування до культури передбачення, від фрагментарності до системності, від хаотичного управління до стратегічної координації. У сучасному українському контексті це означає зміцнення стійкості держави та громад, формування нової етики відповідальності й утвердження інновацій як основи безпеки майбутнього [1].

Мета дослідження. Метою статті є формування нової парадигми ШІ у прогнозуванні гуманітарних ризиків та управлінні кризами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження у сфері штучного інтелекту (ШІ) та гуманітарної безпеки формуються на перетині теорії ризику, інноваційних технологій та кризового

менеджменту. Теоретичним підґрунтям осмислення ризику є концепція «суспільства ризику», запропонована Ульріх Бек у праці *Risk Society: Towards a New Modernity*. Автор наголошує, що сучасні загрози мають глобальний і системний характер, що потребує нових механізмів прогнозування та управління [4]. Ідеї Бека розвиває Ентоні Гідденс у роботі *The Consequences of Modernity*, підкреслюючи роль інституційної рефлексивності в реагуванні на складні ризики [6]. У сфері інноваційного розвитку важливим є підхід Карлота Перес, викладений у книзі *Technological Revolutions and Financial Capital*, де технологічні революції розглядаються як фактори глибоких соціально-економічних трансформацій. У контексті ШІ це означає перехід до нової парадигми управління, заснованої на даних і алгоритмічному аналізі [7]. Практичний вимір застосування аналітики великих даних у гуманітарній сфері представлено у звіті *United Nations Global Pulse – Big Data for Development: Challenges & Opportunities* [9]. У документі обґрунтовано потенціал використання даних мобільного зв'язку, соціальних мереж і супутникових систем для раннього виявлення кризових явищ. Дослідження Patrick Meier, зокрема книга *Digital Humanitarians*, демонструє можливості цифрових платформ і краудсорсингу для реагування на надзвичайні ситуації. У напрямі машинного навчання та аналітики криз варто відзначити роботу Ian Goodfellow та співавторів – *Deep Learning*, яка створює теоретичну основу для побудови прогнозних моделей [8]. Дослідження Yoshua Bengio розкривають потенціал глибоких нейронних мереж для аналізу складних нелінійних систем, до яких належать гуманітарні кризи [5]. Етичні аспекти впровадження ШІ висвітлено у документах UNESCO, зокрема в рекомендаціях *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*, де підкреслюється необхідність дотримання прав людини, прозорості алгоритмів і недискримінації [11]. Ці положення є ключовими в умовах використання чутливих гуманітарних даних. Таким чином, аналіз літератури засвідчує, що дослідження ШІ у сфері гуманітарних ризиків мають міждисциплінарний характер і поєднують соціологічні теорії ризику, економіку інновацій, алгоритмічні підходи машинного навчання та етичні стандарти цифрового управління. Проте в українському контексті питання інтеграції ШІ в систему кризового менеджменту потребує подальших емпіричних досліджень і адаптації міжнародного досвіду до національних умов.

Виклад основного матеріалу. Сучасне суспільство стоїть на межі технологічних трансформацій, де штучний інтелект стає не лише інструментом, а й символом нової взаємодії людини та системи. Його застосування у прогнозуванні гуманітарних ризиків дозволяє поєднати знання, дані та досвід для мінімізації негативних наслідків криз. Разом з тим, воно ставить перед нами питання етики, відповідальності та сенсу технологічного прогресу. Технології ШІ відкривають перед людством можливості прогнозувати майбутнє і зменшувати невизначеність, що завжди була джерелом соціальних і гуманітарних викликів. Однак цей потенціал супроводжується філософськими дилемами: як зберегти свободу вибору, етичні цінності та людську відповідальність у світі алгоритмів. Штучний інтелект є результатом прагнення людини систематизувати знання та керувати складними процесами. У прогнозуванні гуманітарних ризиків він виступає інструментом, що розширює наші можливості, але одночасно змушує замислитися про межі втручання технологій у життя суспільства. Використання ШІ у кризовому управлінні піднімає питання не лише технічної ефективності, а й глибинних філософських проблем: що означає безпека, відповідальність і справедливість у світі, де рішення приймають алгоритми. Ці технології стають відображенням людської потреби передбачати майбутнє та зменшувати ризики невідомого. На порозі технологічної революції штучний інтелект (ШІ), як перетворююча сила, здатний вирішити деякі з найнагальніших світових проблем. Від зміни клімату до неефективної охорони здоров'я інноваційні рішення ШІ можуть змінити підхід до вирішення глобальних проблем. У цій статті розглядається багатогранний потенціал ШІ у справі порятунку світу та його застосування у різних галузях. Використовуючи можливості ШІ, людство може підвищити ефективність, покращити процес прийняття рішень та сприяти сталому розвитку. Таким чином, ми можемо створити майбутнє, яке буде не лише технологічно розвиненим, а й соціально відповідальним [2].

Сучасне суспільство стикається з багатьма проблемами та ризиками. Однією з найнагальніших проблем, які стоять перед людством сьогодні, є зміна клімату. Посилення погодних явищ, підвищення рівня моря та втрата біорізноманіття наголошують на необхідності негайних дій. Штучний інтелект може відіграти вирішальну роль у боротьбі зі зміною

клімату, оптимізуючи використання ресурсів, удосконалюючи системи відновлюваної енергії та прогнозуючи зміни довкілля. Завдяки передовим алгоритмам та аналізу великих обсягів даних ІІ може допомогти нам зрозуміти та пом'якшити наш вплив на навколишнє середовище. Саме так ІІІ може зробити значний внесок у більш стійке майбутнє. Штучний інтелект може оптимізувати енергоспоживання у будинках та скоротити кількість відходів. Машинне навчання може підвищити ефективність сонячних батарей та вітряних турбін. Прогностичні моделі можуть прогнозувати погодні умови, допомагаючи населеним пунктам підготуватися до екстремальних явищ. Штучний інтелект допоможе в моніторингу вирубки лісів і втрати біорізноманіття в режимі реального часу. Аналізуючи дані про дорожній рух, штучний інтелект може допомогти зменшити пробки та викиди шкідливих речовин [3].

Індустрія охорони здоров'я стикається з численними проблемами, включаючи доступність, неефективність та зростання витрат. Технологія штучного інтелекту (ІІ) здатна революціонізувати надання медичних послуг, зробивши їх більш ефективними та результативними. Використовуючи ІІІ для діагностики, планування лікування та управління пацієнтами, ми можемо значно покращити результати лікування. Крім того, ІІІ може аналізувати величезні масиви медичних даних для виявлення тенденцій та розробки нових методів лікування. Інтеграція ІІІ в охорону здоров'я може призвести до створення здоровішого світу. Штучний інтелект може допомогти у ранній діагностиці захворювань за допомогою розширеного аналізу зображень. Віртуальні медичні помічники можуть надавати пацієнтам підтримку та надавати інформацію цілодобово. Прогностична аналітика може допомогти передбачати спалахи захворювань та керувати заходами реагування у сфері охорони здоров'я. За допомогою штучного інтелекту можна розробити персоналізовану медицину, використовуючи аналіз генетичної інформації. Штучний інтелект може оптимізувати адміністративні процеси, дозволяючи медичним працівникам зосередитись на догляді за пацієнтами [4].

Освіта – це фундаментальна опора суспільства, здатна підняти на новий рівень окремих людей та цілі спільноти. Проте традиційні системи освіти часто важко справляються із задоволенням різноманітних потреб учнів. Штучний інтелект може покращити освітній процес,

надаючи персоналізовані освітні траєкторії, адаптуючись до індивідуальних стилів навчання та виявляючи області, де учням може бути потрібна додаткова підтримка. Це може підвищити залученість до навчання та покращити результати навчання. Інтегруючи ІІ в освіту, ми можемо дати наступному поколінню знання та навички, необхідні для процвітання. Платформи на основі штучного інтелекту можуть надавати персоналізовані освітні програми, які враховують успішність учнів. Віртуальні репетитори можуть надавати додаткову підтримку за межами навчального часу. Штучний інтелект може аналізувати дані про навчання, щоб надавати педагогам інформацію про успішність учнів. Технології гейміфікації на основі штучного інтелекту можуть зробити навчання більш цікавим для студентів. Інструменти обробки природної мови можуть ефективно допомогти студентам у вивченні нових мов [5].

Підвищення економічної ефективності. Глобальна економіка взаємопов'язана і складна, що часто призводить до неефективності та марнотратства. Штучний інтелект має потенціал для оптимізації бізнес-операцій, підвищення продуктивності та стимулювання економічного зростання. Автоматизуючи рутинні завдання, компанії можуть ефективніше розподіляти ресурси та зосередитись на інноваціях. Крім того, ШІ може надавати цінні аналітичні дані, сприяючи прийняттю більш обґрунтованих рішень. Штучний інтелект може автоматизувати завдання, що повторюються, дозволяючи співробітникам виконувати більш цінну роботу. Прогностична аналітика може допомогти підприємствам прогнозувати попит та оптимізувати запаси. Рішення для обслуговування клієнтів на основі штучного інтелекту можуть покращити користувальницький досвід та підвищити задоволеність. Аналіз даних може допомогти у прийнятті стратегічних бізнес-рішень та відстеження ринкових тенденцій. Оптимізація управління ланцюжками поставок за допомогою ШІ дозволяє знизити витрати та підвищити ефективність [6].

В умовах дедалі більшої поляризації світу ШІ може бути мостом для глобального співробітництва. Штучний інтелект може сприяти транскордонній комунікації та співробітництву між дослідниками. Онлайн-платформи на основі штучного інтелекту можуть пов'язати волонтерів з організаціями, які потребують допомоги. Інструменти на

основі штучного інтелекту дозволяють ефективніше керувати проектами, що реалізуються у співпраці з іншими. Штучний інтелект може допомогти виявити глобальні проблеми, які потребують колективних дій. Багатомовні системи штучного інтелекту здатні долати мовні бар'єри у міжнародному діалозі [7].

Штучний інтелект знаходиться на передньому краї інновацій, маючи величезний потенціал для вирішення найбільш актуальних проблем, що стоять перед людством сьогодні. Використовуючи можливості ШІ в різних галузях, ми можемо створювати стійкі рішення, які не лише покращують життя окремих людей, а й приносять користь суспільству загалом. У міру того, як ми продовжуємо вивчати можливості, які пропонує ШІ, дуже важливо розробляти та впроваджувати його з урахуванням відповідальних та етичних принципів. Майбутнє, що співіснує з ШІ, це не просто технологічне питання; це питання побудови найкращого світу для всіх. Генеральний секретар ООН Антоніо Гутерріш, виступаючи на Всесвітньому економічному форумі в Давосі, Швейцарія, 18 січня 2024 р., закликав до розробки глобальної стратегії щодо вирішення проблем штучного інтелекту та кліматичної кризи, попередивши, що стрімкий розвиток ІІ може призвести до серйозних. Міжнародний валютний фонд попередив, що зростання ШІ може вплинути на зайнятість у всьому світі та потенційно посилити загальну нерівність. Гутерріш заявив, що, хоча ШІ має величезний потенціал для сталого розвитку, він також може посилити глобальну нерівність [8].

Упровадження штучного інтелекту (ШІ) в різні сфери життя несе з собою низку гуманітарних ризиків, які слід враховувати. Серед соціальних ризиків – можливі втрати робочих місць через автоматизацію, нерівномірний доступ до технологій між містом і селом або різними соціальними групами, а також посилення цифрового розриву в освіті. Етичні ризики пов'язані з упередженістю алгоритмів, що може призводити до дискримінації за статтю, віком чи мовою, а також із недостатньою прозорістю рішень і використанням ШІ без згоди людей, наприклад при обробці персональних даних. Інформаційні ризики включають поширення дезінформації та фейків, маніпуляцію громадською думкою та зниження довіри до медіа й офіційних джерел. Культурні ризики проявляються у витісненні локального контенту глобальними платформами, недостатній підтримці української мови та культурного контексту, а

також уніфікації культурних наративів. У сфері освіти ризики полягають у надмірній залежності учнів від ШІ при виконанні завдань, зменшенні критичного мислення та необхідності оновлення навчальних програм. Психологічні ризики включають соціальну ізоляцію через віртуальну взаємодію, надмірну довіру до систем ШІ та тривожність, спричинену швидкими технологічними змінами. Нарешті, правові та безпекові ризики охоплюють неврегульованість відповідальності за помилки ШІ, порушення приватності та зростання кіберзагроз. Усі ці аспекти потребують комплексного підходу та впровадження регуляторних, освітніх і культурних заходів для мінімізації негативних наслідків [9].

Корнельський університет організував серію трьох самітів (Thought Summits) з питань майбутнього розвитку штучного інтелекту та науки про дані у 2025 році, зокрема саміт LLMs and Society відбувся 19–21 травня 2025 року, а також ще інші тематичні зустрічі відбулися у рамках цієї серії впродовж 2025 року.

Три саміти Корнельського університету досліджували майбутній розвиток штучного інтелекту та науки про дані, з акцентом на міждисциплінарній співпраці, етичному управлінні та відповідальному застосуванні ШІ. Перший саміт був зосереджений на застосуванні ШІ в гуманітарній діяльності, підкреслюючи його величезний потенціал у прогнозуванні катастроф, медичній підтримці, розподілі ресурсів та допомозі психічному здоров'ю, а також висвітлював етичні проблеми, що виникають через алгоритмічне упередження, конфіденційність даних та нерівний доступ. Другий саміт був зосереджений на «орієнтованому на громаду ШІ», підкреслюючи, що ШІ в екологічній справедливості, трудовій справедливості та суверенітеті даних повинен поважати місцеву мудрість та уникати загострення нерівності. На ньому було використано приклад племінних держав, що захищають суверенітет даних, щоб продемонструвати практику ШІ, контрольовану громадою. Третій саміт досліджував інновації штучного інтелекту у ветеринарній медицині, демонструючи його потенціал для підвищення ефективності та добробуту тварин, від ведення медичних записів та прогнозування захворювань у режимі реального часу до точного управління тваринництвом, а також підкреслюючи важливість стандартизації даних та етичних міркувань. Було акцентовано увагу на тому, що хоча штучний інтелект може підвищити ефективність, зменшити кількість помилок та пришвидшити інно-

вації, відсутність креативності може призвести до деградації людських навичок, проблем із конфіденційністю даних та втрати робочих місць. Тому створення надійної системи управління штучним інтелектом та сприяння постійній співпраці між університетами, урядами, промисловістю та громадами має вирішальне значення для забезпечення того, щоб штучний інтелект служив добробуту людей та соціальній справедливості, а не посилював нерівність.

З точки зору характеристик та розвитку штучного інтелекту (ШІ), хоча технологія ШІ має високу цінність, вона також становить значні потенційні ризики для людства. Ці ризики, що варіюються від низьких до високих, включають: порушення конфіденційності, конкуренцію на ринку праці, суб'єктивний плюралізм, неконтрольовані кордони, поширення можливостей, неефективне покарання, етичну невизначеність, поширення насильства, заміщення населення і цивілізаційне відчуження. Ці ризики мають бути достатніми, щоб викликати високий рівень пильності щодо розвитку ШІ. З точки зору суспільства, необхідно підготуватися як мінімум у п'яти областях: по-перше, якнайшвидше досягти консенсусу щодо ризиків ШІ; по-друге, якнайшвидше підвищити прозорість досліджень у галузі ШІ; по-третє, регулювати самодисципліну дослідницької спільноти; по-четверте, якнайшвидше сприяти прийняттю законодавства у різних країнах; і по-п'яте, прискорити створення глобального механізму спільного управління.

При цьому, прийняття рішень за допомогою ШІ використовує алгоритми машинного навчання, аналіз великих даних та обробку природної мови для швидкої обробки та аналізу величезних масивів даних, надаючи тим самим особам, які приймають рішення, точні рекомендації. В управлінні кризовими ситуаціями ШІ може допомогти компаніям приймати оптимальні рішення у найкоротші терміни, відстежуючи зміни у зовнішньому середовищі в режимі реального часу, виявляючи потенційні сигнали ризику та розробляючи плани реагування. Три переваги ШІ в управлінні кризами: 1. Ефективність: ШІ здатний обробляти та аналізувати великі обсяги інформації за мілісекунди, що значно перевищує швидкість людини. Наприклад, у разі раптової події система ШІ може швидко інтегрувати динаміку громадської думки, повідомлення новин та історичні приклади із соціальних мереж для формування попередньої стратегії реагування. 2. Точність: Завдяки потужним алгоритмічним мо-

делям ШІ може знизити суб'єктивну упередженість людського судження. Згідно з даними дослідження McKinsey, компанії, які використовують ШІ для прогнозування, підвищили точність прийняття рішень у середньому на 20-30% [3]. 3. Масштабованість: ШІ підходить не тільки для окремих сценаріїв, але й може гнучко застосовуватися до різних видів кризового управління, таких як стихійні лиха, збої в ланцюжках постачання або збитки репутації бренду.

Штучний інтелект (ШІ) у прогнозуванні гуманітарних ризиків та управлінні кризами може стати потужним драйвером удосконалення систем реагування, особливо в умовах воєнних, екологічних та соціально-економічних викликів, актуальних для України. Для реалізації ШІ як драйвера прогнозування гуманітарних ризиків та управління кризовими ситуаціями в Україні необхідно: 1. Ранне попередження та прогнозування ризиків, в контексті якого ШІ аналізує великі масиви даних (Big Data): супутникові знімки; метеодані; соціальні мережі; демографічні показники; дані мобільності населення. Платформи на кшталт UN OCHA та World Food Programme використовують алгоритми машинного навчання для прогнозування продовольчих криз та переміщення населення. Результат: швидше виявлення загроз; прогнозування дефіциту ресурсів; попередження гуманітарних катастроф. 2. Оптимізація логістики та розподілу допомоги, у контексті якої ШІ дозволяє: прогнозувати потреби регіонів; оптимізувати маршрути доставки; зменшувати втрати ресурсів; координувати волонтерські мережі. Це актуально особливо прифронтових територій; зон техногенних ризиків; регіонів масового переміщення ВПО. 3. Аналіз дезінформації та соціальної напруги, у контексті якого алгоритми обробки природної мови (NLP) допомагають: виявляти інформаційні атаки; прогнозувати соціальні заворушення; оцінювати рівень паніки в інформаційному просторі. Це критично важливо під час війни та надзвичайних ситуацій. 4. Підтримка прийняття управлінських рішень, у контексті якого ШІ створює сценарне моделювання криз; оцінку ризиків у реальному часі; цифрові «карти ризику». Це допомагає органам влади: приймати рішення на основі даних; зменшувати людський фактор; ефективніше координувати міжвідомчу взаємодію

Для реалізації місця і ролі ШІ як справжнього драйвера удосконалення в Україні необхідно вирішення наступних завдань: 1. Інтеграція

державних реєстрів та відкритих даних: створення єдиної аналітичної платформи. 2. Партнерство держави, ІТ-сектору та міжнародних організацій: співпраця з українськими AI-компаніями та університетами. 3. Етичне та безпечне використання ШІ: захист персональних даних; кібербезпека; прозорість алгоритмів. 4. Підготовка фахівців: освіта у сфері data science для публічного сектору. Російське вторгнення завдало серйозних збитків інфраструктурі України, а вартість її відновлення оцінюється в 18,7 трильйона кіловат. (CNA, Київ, 23-го) В опублікованій доповіді Світового банку та інших установ зазначається, що Україні може знадобитися до 588 мільярдів доларів США (приблизно 18,7 трильйонів тайванських доларів) для відновлення після руйнувань, спричинених російським вторгненням. Ця цифра майже втричі перевищує ВВП України у 2025 році. Агентство AFP повідомляє, що війна спустошила економіку України, зрівняла із землею багато міст і змусила мільйони людей залишити свої будинки. За оцінками, загальна кількість постраждалих на 12% вища, ніж торік. Розчищення завалів та «ліквідація вибухонебезпечних ситуацій» (по суті, розмінування) коштуватиме 28 мільярдів доларів. За даними Кільського інституту світової економіки в Німеччині, західні союзники України надали понад 400 мільярдів доларів у вигляді фінансової, військової та гуманітарної допомоги з моменту російського вторгнення [11].

Висновок. Штучний інтелект має значний потенціал у прогнозуванні гуманітарних ризиків та управлінні кризами. Штучний інтелект у прогнозуванні гуманітарних ризиків та управлінні кризами виступає філософсько-інноваційним драйвером трансформації системи безпеки держави, оскільки поєднує аналітику великих даних, сценарне моделювання та адаптивні алгоритми для формування проактивної моделі реагування, що дозволяє не лише передбачати загрози, а й стратегічно мінімізувати їх соціальні, економічні та гуманітарні наслідки в умовах складних сучасних викликів. Він дозволяє оперативнo обробляти великі обсяги даних, виявляти закономірності, оцінювати ймовірність соціальних, економічних та екологічних загроз, а також підтримувати ефективно прийняття рішень органами влади та гуманітарними організаціями. Використання ШІ може підвищити точність прогнозів, скоротити час реагування та оптимізувати розподіл ресурсів у надзвичайних ситуаціях. Проте впровадження ШІ потребує уваги до етичних, соціальних і правових

аспектів: необхідні прозорі алгоритми, контроль за упередженістю даних та захист персональної інформації. Без комплексного підходу ці технології можуть призвести до соціальної нерівності, помилкових рішень або інформаційних ризиків.

Практичні рекомендації для України. ШІ – це не просто технологія, а інструмент стратегічної стійкості держави. В українському контексті ШІ може стати драйвером: підвищення швидкості реагування; зменшення гуманітарних втрат; ефективного управління ресурсами; побудови системи прогностного (а не реактивного) управління. Україна повинна створити національні платформи збору та аналізу даних для раннього виявлення гуманітарних ризиків (катастрофи, міграційні потоки, соціальні кризи). Впроваджувати ШІ в системи цивільного захисту та місцевого управління для покращення планування, моніторингу та реагування на надзвичайні ситуації. Забезпечити міждисциплінарну підготовку фахівців: поєднання ІТ, соціології, психології та управління ризиками. Розробити етичні та правові стандарти використання ШІ, включно з захистом персональних даних та прозорістю алгоритмів. Стимулювати локальні дослідження та інновації у сфері ШІ для гуманітарного сектору, залучаючи університети, стартапи та громадські організації. Поширювати цифрову грамотність серед населення, щоб громадяни могли користуватися сервісами прогнозування ризиків та адекватно реагувати на попередження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воронкова В.Г., Нікітенко В.О. Синергія цифрових технологій у освіті, науці та бізнесі: ефективність і ризики. Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Winter Debates: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Internet Conference, February 5-6, 2026. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine. С. 88-91. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-7-5-6-lyutogo-2026/>
2. Воронкова В.Г., Ажажа М.А., Фурсін О.О. Цифровізація публічного управління як драйвер трансформації державних інституцій у цифровому суспільстві. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2026. №1. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2156.2026.1.7>
3. Воронкова В.Г., Ажажа М.А., Венгер О.М. Інформаційно-комунікаційні технології як інструмент трансформації публічного управління в цифровому суспільстві. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2026. № 2. <https://nayka.com.ua/index.php/dy/article/view/9033>

4. Beck, U. (1992). *Risk society: Towards a new modernity*. Sage Publications.
5. Bengio, Y., Goodfellow, I., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
6. Giddens, A. (1990). *The consequences of modernity*. Stanford University Press.
7. Meier, P. (2015). *Digital humanitarians: How big data is changing the face of humanitarian response*. CRC Press.
8. Perez, C. (2002). *Technological revolutions and financial capital: The dynamics of bubbles and golden ages*. Edward Elgar Publishing.
9. United Nations Global Pulse. (2012). *Big data for development: Challenges & opportunities*. United Nations.
10. UNESCO. (2021). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. UNESCO.
11. Ukraine reconstruction estimate jumps to \$588 billion, World Bank says // Reuters. 2026. 23 Feb. URL: <https://www.reuters.com/business/ukraine-reconstruction-estimate-jumps-12-588-billion-world-bank-says-2026-02-23/> (дата звернення: 01.03.2026).

УДК 616-036.88:614.876:616-001+616-099

**ВТРАЧЕНІ РОКИ ПОТЕНЦІЙНОГО ЖИТТЯ
ВНАСЛІДОК ПЕРЕДЧАСНОЇ СМЕРТНОСТІ
ВІД ЗОВНІШНІХ ПРИЧИН СЕРЕД
УЧАСНИКІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ
АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС:
ВИКЛИКИ ДЛЯ ПСИХІАТРИЧНОЇ СЛУЖБИ
КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

ЗІЛЬБЕРБЛАТ Геннадій Михайлович,
член-кореспондент Національної академії ВО України,
віце-президент «МАОН», заслужений лікар України,
генеральний директор КНП КОР «Обласне
психіатрично-наркологічне медичне об'єднання»
Київська область, Україна

ПОСТРЕЛКО Валентин Михайлович,
д. мед. н., професор,
завідувач кафедри внутрішніх хвороб
з курсом психіатрії та наркології,
ПЗВО «Міжнародна академія екології та медицини»,
ORCID ID: 0000-0003-1299-712X
м. Київ, Україна

ГУНЬКО Наталія Володимирівна,
к. геогр. н., старший науковий співробітник,
завідувач лабораторії медичної демографії,
Інститут радіаційної гігієни та епідеміології
ДУ «Національний науковий центр радіаційної
медицини, гематології та онкології НАМН України»,
ORCID ID: 0000-0003-0112-1376
м. Київ, Україна

БІЛИЙ Дмитро Олександрович,
молодший науковий співробітник
лабораторії медичної демографії,
Інститут радіаційної гігієни та епідеміології
ДУ «Національний науковий центр радіаційної
медицини, гематології та онкології НАМН України»,
ORCID ID: 0009-0004-8521-678X
м. Київ, Україна

Анотація. Мета: оцінити обсяг і структуру втрачених років потенційного життя (Years of Potential Life Lost, YPLL) внаслідок передчасної смертності (до 65 років) від травм, отруєнь та деяких інших наслідків дії зовнішніх причин (ТОЗПС) серед учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС (УЛНА) України та визначити ключові напрями реагування для психіатричної служби Київської області. Матеріали і методи: використано знеособлені дані Державного реєстру України осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи (понад 197,6 тис. УЛНА) за 1988–2017 рр., таблиці середньої очікуваної тривалості життя, метод потенційної демографії для розрахунку YPLL; проведено описовий аналіз. Результати: за період спостереження зафіксовано 7 771 смерть УЛНА від ТОЗПС, з яких 96,2 % – передчасні (до 65 років). Сукупні втрати склали близько 172 тис. людино-років. Понад 70 % YPLL припадає на травми, токсичну дію алкоголю та асфіксію. Внесок алкоголь-асоційованих смертей становить близько 18 %, при цьому середній вік смерті від причин, пов'язаних з алкоголем, наближається до 48 років. Київська область має одну з найбільших в Україні когорт УЛНА (приблизно 38 тис. осіб) та найбільшу кількість постраждалих від Чорнобиля загалом (понад 630 тис. осіб), що створює суттєве навантаження на регіональні медичні структури, особливо на психіатричні та психологічні підрозділи. Висновки: висока частка передчасних смертей від зовнішніх причин, особливо алкоголь-асоційованих та асфіксії, свідчить про виражену психосоціальну дезадаптацію частини УЛНА. Для Київської області пріоритетними є: системний скринінг алкогольних розладів, профілактика суїцидів, розбудова програм психосоціальної реабілітації та інтеграція психічного здоров'я в роботу первинної ланки.

Ключові слова: учасники ліквідації наслідків аварії; зовнішні причини смерті; травми; алкоголь; асфіксія; втрачені роки потенційного життя; Київська область; психіатрична допомога.

YEARS OF POTENTIAL LIFE LOST DUE TO PREMATURE MORTALITY FROM EXTERNAL CAUSES AMONG CHORNOBYL CLEANUP WORKERS: CHALLENGES FOR PSYCHONEUROLOGICAL SERVICES IN KYIV REGION

Gennadii M. ZILBERBLAT,

Corresponding Member of the National Academy of Higher Education of Ukraine,
Vice-President of «IAOS»,
Honored Doctor of Ukraine, General Director,
CNE KRC «Regional Psychiatric and Narcological Medical Association»

Kyiv Region, Ukraine

Valentyn M. POSTRELKO,

MD, DSc, Professor,
Head of the Department of Internal Medicine with a course in Psychiatry and Narcology,
PHEI «International Academy of Ecology and Medicine»,
ORCID ID: 0000-0003-1299-712X

Kyiv, Ukraine

Nataliia V. GUNKO,

PhD in Geography, Senior Researcher,
Head of Laboratory of Medical Demography,
Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology,
SI «National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the NAMS of Ukraine»,
ORCID ID: 0000-0003-0112-1376

Kyiv, Ukraine

Dmytro O. BILYI,

Junior Researcher,
Laboratory of Medical Demography,
Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology,
SI «National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the NAMS of Ukraine»,
ORCID ID: 0009-0004-8521-678X

Kyiv, Ukraine

Abstract. *Aim: to assess the volume and structure of years of potential life lost (YPLL) due to premature mortality (under 65 years) from injuries, poisoning and other external causes among Ukrainian Chernobyl accident cleanup workers (ACWs), and to outline implications for psychoneurological services in Kyiv region. Materials and methods: anonymized data from the State Registry of persons affected by the Chernobyl catastrophe (over 197.6 thousand ACWs) for 1988–2017 and national life tables were analyzed using the potential demography approach;*

descriptive statistics were applied. Results: 7,771 deaths from external causes were registered, 96.2 % being premature. Total losses amounted to about 172 thousand person-years. More than 70 % of YPLL were attributable to injuries, alcohol toxicity and asphyxia. Alcohol-related deaths contributed around 18 %, with mean age at death close to 48 years. Kyiv region hosts one of the largest ACW cohorts in Ukraine (about 38 thousand persons) and the highest total number of Chernobyl-affected residents (over 630 thousand), imposing substantial pressure on regional mental health services. Conclusions: the high burden of premature external mortality, particularly alcohol-related and asphyxia deaths, reflects profound psychosocial maladaptation in a part of the ACW cohort. For Kyiv region, priorities include systematic alcohol use screening, suicide prevention, development of psychosocial rehabilitation programs and integration of mental health care into primary care.

Keywords: *Chernobyl cleanup workers; external causes of death; injuries; alcohol; asphyxia; years of potential life lost; Kyiv region; psychiatric care.*

Вступ. Аварія на Чорнобильській АЕС 1986 року зумовила масштабні медичні, соціальні та психіатричні наслідки для сотень тисяч осіб, зокрема для учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА). У міжнародних оглядах підкреслюється, що саме порушення психічного здоров'я та психосоціальна дезадаптація є найбільш поширеними довгостроковими наслідками Чорнобиля для постраждалих.[1]

На тлі підвищеної онкологічної та серцево-судинної захворюваності, що описана в літературі, смертність від зовнішніх причин (травм, отруєнь, нещасних випадків, суїцидів) тривалий час залишалася менш дослідженою, хоча саме вона формує значний обсяг передчасних втрат трудового та соціального потенціалу.[2]

Особливої актуальності ця проблема набуває для Київської області, яка географічно прилягає до зони відчуження, має найбільшу в Україні чисельність осіб, постраждалих від аварії (понад 630 тис. осіб), та одну з найбільших когорт УЛНА (приблизно 38 тис. осіб). Це означає, що саме на регіональну психіатричну службу Київської області припадає значна частина довгострокового супроводу ліквідаторів, включно з профілактикою деструктивної поведінки.[3]

Метод втрачених років потенційного життя (Years of Potential Life Lost, YPLL) дозволяє не лише підрахувати кількість смертей, а й оцінити «вагу» кожного летального випадку з позицій суспільних втрат, акцентуючи

увагу на смертях у більш молодих вікових групах. Використання порогу 65 років для розрахунку YPLL є загальноприйнятим підходом у міжнародній статистиці попереджуваної смертності.[4][5]

Мета цієї роботи – кількісно оцінити обсяг та структуру YPLL внаслідок передчасної смертності від зовнішніх причин серед УЛНА України та окреслити практичні висновки для організації психіатричної допомоги в Київській області.

Огляд літератури. У низці міжнародних досліджень показано, що через десятиліття після аварії на ЧАЕС серед ліквідаторів зберігаються високі рівні депресії, тривожних розладів, соматизації та проблем, пов'язаних із вживанням алкоголю. Дослідження естонської когорти УЛНА ($n \approx 4\ 800$) виявило підвищений ризик суїцидальної смертності ($SMR \approx 1,3$) порівняно із загальною популяцією, особливо в групах із нижчим рівнем освіти.[6][7][8]

Українські дані свідчать, що понад половина УЛНА мають проблеми з уживанням алкоголю, а у близько чверті формується синдром залежності. Автори пов'язують це з хронічним психоемоційним напруженням, наслідками опромінення, соматичною коморбідністю та соціально-економічними факторами.[9]

Ретроспективний аналіз смертності УЛНА від ТОЗПС у 2000–2020 рр. продемонстрував, що в структурі таких смертей домінують асфіксія, токсична дія алкоголю та травми голови; при цьому середній вік смерті залишається істотно нижчим за середньопопуляційний. За даними того ж дослідження, Київська область та м. Київ мали одні з найбільших когорт УЛНА під спостереженням, що додатково підкреслює важливість регіональної специфіки.[10][3]

Методи. Дизайн дослідження. Ретроспективне описове когортне дослідження на основі реєстрових даних.

Джерела даних. Знеособлені записи Державного реєстру України осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи (ДРУ), за 1988–2017 рр.; таблиці очікуваної тривалості життя населення України відповідних років. Когорта охоплювала понад 197,6 тис. УЛНА.

Критерії включення. УЛНА, зареєстровані в ДРУ, для яких причину смерті закодовано як зовнішню (клас XIX МКХ-10: S00–T98 та відповідні коди МКХ-9). Окремо виділено алкоголь-асоційовані смерті (коди МКХ-10: T51.0–T51.9, X-45; МКХ-9: 980.0–980.9).

Основний показник. YPLL розраховано за формулою: $YPLL = \Sigma(L - a_i)$, де L – граничний вік (65 років), a_i – вік i -ої особи на момент смерті. Статистичну обробку проведено методами описової статистики; результати подано у вигляді часток (%) та середніх значень.[4]

Результати та обговорення. За період 1988–2017 рр. в когорті УЛНА зафіксовано 7 771 смерть від зовнішніх причин, з яких 98,7 % – чоловіки. Понад 96 % випадків припадали на вік до 65 років (7 477 осіб). Сукупний обсяг YPLL становив близько 172 тис. людино-років, що відображає значний демографічний та соціально-економічний тягар.

Середній вік смерті поступово зростав із 31,9 (1988 р.) до 56,4 року (2017 р.), що пов'язано зі старінням когорти, а не зі зниженням ризиків. Відповідно, середня кількість недожитих років скоротилася з 34,9 до 17,5, проте це не означає покращення стану здоров'я ліквідаторів.

Близько 18 % смертей від зовнішніх причин мали безпосередній зв'язок із вживанням алкоголю (1 417 випадків). Середній вік смерті в цій підгрупі наближався до 48 років, тобто кожний такий випадок супроводжувався втратою значної кількості потенційних років життя. Понад 70 % усіх YPLL сукупно припадало на травми різної локалізації (65,1 тис.), токсичну дію алкоголю (31,4 тис.) та асфіксію (28,8 тис. людино-років).

Асфіксія (T71) потребує особливої уваги. За незалежними даними, частка асфіксій у структурі смертей від зовнішніх причин зросла з 20,9 % (2000 р.) до 32,8 % (2020 р.). Міжнародні дослідження фіксують підвищений ризик самогубств серед УЛНА ($SMR \approx 1,3$), що зберігається навіть через 20–30 років після аварії.[10][8]

Київська область є унікальним регіоном у контексті наслідків Чорнобильської катастрофи: тут проживає понад 630 тис. осіб зі статусом постраждалих, з них орієнтовно 38 тис. – УЛНА. Висока концентрація ліквідаторів означає, що заклади охорони психічного здоров'я Київської області несуть непропорційне навантаження. Виявлені закономірності – домінування алкоголь-асоційованих смертей, зростання частки асфіксій, надзвичайно низький вік смерті – вказують на конкретні напрями роботи регіональної психіатричної служби:[3]

- ✓ впровадження систематичного скринінгу зловживання алкоголем серед пацієнтів-ліквідаторів (шкала AUDIT);
- ✓ навчання лікарів загальної практики, лікарів-психіатрів та психологів навичкам виявлення суїцидального ризику;

- ✓ створення або посилення програм групової психотерапії та психосоціальної реабілітації для УЛНА та їхніх родин;
- ✓ інтеграція послуг з охорони психічного здоров'я у роботу первинної медичної ланки.

В умовах воєнного стану з 2022 р. кумулятивна травматизація (Чорнобильська катастрофа + війна) може посилити деструктивні поведінкові патерни, що додатково актуалізує роль психіатричної служби Київської області.

Дослідження має обмеження: (1) відсутність зовнішньої групи порівняння не дозволяє розрахувати стандартизовані ризики; (2) можливі неточності кодування причин смерті, зокрема при переході МКХ-9/10; (3) не враховано конфаундери (дозу, освіту, соціально-економічний статус); (4) дані охоплюють період до 2017 р. і не відображають впливу COVID-19 та війни. Водночас значний обсяг когорти (197,6 тис.) та тривалий період спостереження (30 років) забезпечують достатню статистичну потужність.

Висновки.

1. Серед українських УЛНА смертність від зовнішніх причин супроводжується значним обсягом втрачених років потенційного життя (≈ 172 тис. людино-років за 1988–2017 рр.), причому переважна більшість смертей є передчасними (до 65 років).
2. У структурі YPLL домінують травми, алкоголь-асоційовані причини та асфіксії, що вказує на поєднання медичних, психологічних та соціально-поведінкових факторів ризику.
3. Високий внесок алкоголь-асоційованих смертей та підвищена частка асфіксій узгоджуються з даними інших країн про надлишкову суїцидальну смертність і високу поширеність алкогольних розладів серед ліквідаторів.[8][9]
4. Київська область, яка має одну з найбільших когорт УЛНА та найвищу загальну чисельність постраждалих від Чорнобильської катастрофи, потребує пріоритетного посилення психіатричної допомоги цій групі.[3]
5. До практичних пріоритетів для психіатричної служби Київської області належать: скринінг алкогольних розладів, програми профілактики суїцидів, тривала психосоціальна підтримка та

інтеграція послуг з охорони психічного здоров'я у роботу первинної медичної ланки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2008). Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Vol. II, Annex D. New York: United Nations. https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_2.html
2. Bazyka, D., Pryszyzhnyuk, A., Gudzenko, N., Dyagil, I., Belyi, D., Chumak, V., & Buzunov, V. (2018). Epidemiology of late health effects in Ukrainian Chernobyl cleanup workers. *Health Physics*, 115(1), 161–169. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000000868>
3. Гунько, Н. В., Федірко, П. А., Терещенко, С. А. та ін. (2024). Ретроспективне дослідження випадків смертей серед учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС від травм, отруень та деяких інших наслідків дії зовнішніх причин (2000–2020 роки). *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*, 29, 92–114. <https://doi.org/10.33145/2304-8336-2024-29-92-114>
4. Bromet, E. J., Havenaar, J. M., & Guey, L. T. (2011). A 25-year retrospective review of the psychological consequences of the Chernobyl accident. *Clinical Oncology*, 23(4), 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2011.01.501>
5. Дані Міністерства соціальної політики України щодо постраждалих від Чорнобильської катастрофи станом на 01.01.2016 р. (за запитом ГО «Доступ до правди»).
6. Gardner, J. W., & Sanborn, J. S. (1990). Years of potential life lost (YPLL) – what does it measure? *Epidemiology*, 1(4), 322–329. <https://doi.org/10.1097/00001648-199007000-00012>
7. Eurostat. (2024). Preventable and treatable mortality statistics. *Statistics Explained*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Preventable_and_treatable_mortality_statistics
8. Laidra, K., Rahu, K., Tekkel, M., Aluoja, A., & Leinsalu, M. (2015). Mental health and alcohol problems among Estonian cleanup workers 24 years after the Chernobyl accident. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 50(11), 1729–1739. <https://doi.org/10.1007/s00127-015-1087-2>
9. Rahu, K., Rahu, M., Tekkel, M., & Bromet, E. (2023). Suicide and other causes of death among Chernobyl cleanup workers from Estonia, 1986–2020: an update. *European Journal of Epidemiology*, 38(2), 225–232. <https://doi.org/10.1007/s10654-022-00957-3>
10. Пострелко, В. М., Логановський, К. М., Бузунов, В. О. та ін. (2012). Синдром залежності від алкоголю в учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС. *Архів психіатрії*, 18(1), 60–63. http://nbuv.gov.ua/UJRN/apsuh_2012_18_1_16

Reference

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2008). Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Vol. II, Annex D. New York: United Nations. https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_2.html
2. Bazyka, D., Prysyazhnyuk, A., Gudzenko, N., Dyagil, I., Belyi, D., Chumak, V., & Buzunov, V. (2018). Epidemiology of late health effects in Ukrainian Chernobyl cleanup workers. *Health Physics*, 115(1), 161–169. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000000868>
3. Gunko, N. V., Fedirko, P. A., Tereshchenko, S. A., et al. (2024). A retrospective study of deaths among participants in the liquidation of the consequences of the accident at the Chernobyl NPP due to injury, poisoning and certain other consequences of external causes (2000–2020). *Problems of Radiation Medicine and Radiobiology*, 29, 92–114. <https://doi.org/10.33145/2304-8336-2024-29-92-114>
4. Bromet, E. J., Havenaar, J. M., & Guey, L. T. (2011). A 25-year retrospective review of the psychological consequences of the Chernobyl accident. *Clinical Oncology*, 23(4), 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2011.01.501>
5. Data of the Ministry of Social Policy of Ukraine on persons affected by the Chernobyl catastrophe as of 01.01.2016 (by request of the NGO «Access to Truth»).
6. Gardner, J. W., & Sanborn, J. S. (1990). Years of potential life lost (YPLL) – what does it measure? *Epidemiology*, 1(4), 322–329. <https://doi.org/10.1097/00001648-199007000-00012>
7. Eurostat. (2024). Preventable and treatable mortality statistics. *Statistics Explained*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Preventable_and_treatable_mortality_statistics
8. Laidra, K., Rahu, K., Tekkel, M., Aluoja, A., & Leinsalu, M. (2015). Mental health and alcohol problems among Estonian cleanup workers 24 years after the Chernobyl accident. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 50(11), 1729–1739. <https://doi.org/10.1007/s00127-015-1087-2>
9. Rahu, K., Rahu, M., Tekkel, M., & Bromet, E. (2023). Suicide and other causes of death among Chernobyl cleanup workers from Estonia, 1986–2020: an update. *European Journal of Epidemiology*, 38(2), 225–232. <https://doi.org/10.1007/s10654-022-00957-3>
10. Postrelko, V. M., Loganovskiy, K. M., Buzunov, V. O., et al. (2012). Alcohol dependence syndrome in participants in the liquidation of the consequences of the accident at the Chernobyl NPP. *Arkhiv Psichiatrii*, 18(1), 60–63. http://nbuv.gov.ua/UJRN/apsuh_2012_18_1_16

III. ПРИРОДНИЧІ НАУКИ

УДК 616-006:614.876:504.5:355.4

СИНЕРГІЗМ РАДІАЦІЙНОГО
ТА ХІМІЧНОГО КАНЦЕРОГЕНЕЗУ:
ПАТОФІЗІОЛОГІЯ ДЕКОМПЕНСАЦІЇ
РЕПАРАТИВНИХ СИСТЕМ У
ПОСТЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ КОГОРТІ В
УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ХІМІЧНОГО
ЗАБРУДНЕННЯ УКРАЇНИ

КИРИЛЕНКО Єва Олексіївна,
студентка 3 курсу ННІ медицини

ЗЯБЛІЦЕВ Сергій Володимирович,
доктор медичних наук, професор,
кафедра патофізіології,
ORCID ID: 0000-0002-5309-3728

Національний медичний університет
імені О.О. Богомольця,
м. Київ, Україна

Анотація. У роботі розглянуто патофізіологічні механізми взаємодії радіаційного канцерогенезу, ініційованого Чорнобильською катастрофою 1986 року, та хімічного канцерогенезу, зумовленого масованим застосуванням ракетно-дронові зброї проти України у 2022–2026 роках. Обґрунтовано концепцію декомпенсації систем репарації ДНК у постчорнобильській когорті під впливом полікомпонентного хімічного забруднення. Запропоновано чотиризональну модель регіонального розподілу онкологічного ризику на основі накладення мап чорнобильського забруднення та інтенсивності ракетних ударів. Показано, що північні регіони України перебувають у зоні подвійного навантаження з максимальним прогнозованим ризиком, тоді як південні та східні регіони, попри нижчий рівень радіаційної спадщини, матимуть ранній пік хімічно-індукованої онкозахворюваності.

Ключові слова: радіаційний канцерогенез; хімічний канцерогенез; Чорнобиль; ракетно-дронові удари; репарація ДНК; декомпенсація; онкологічний ризик; регіональний розподіл.

SYNERGISM OF RADIATION AND CHEMICAL CARCINOGENESIS: PATHOPHYSIOLOGY OF DNA REPAIR DECOMPENSATION IN THE POST-CHORNOBYL COHORT UNDER CONDITIONS OF MILITARY CHEMICAL CONTAMINATION IN UKRAINE

Abstract. *The study addresses the pathophysiological mechanisms underlying the interaction between radiation carcinogenesis initiated by the Chornobyl disaster (1986) and chemical carcinogenesis caused by the massive use of missile and drone weapons against Ukraine in 2022–2026. The concept of DNA repair system decompensation in the post-Chornobyl cohort under the influence of multi-component chemical contamination is substantiated. A four-zone model of regional cancer risk distribution is proposed based on the overlay of Chornobyl contamination maps and missile strike intensity data. Northern regions of Ukraine are identified as a dual-burden zone with maximum projected risk, while southern and eastern regions, despite lower radiation legacy, are expected to experience an early peak of chemically induced cancer incidence.*

Keywords: *radiation carcinogenesis; chemical carcinogenesis; Chornobyl; missile and drone strikes; DNA repair; decompensation; cancer risk; regional distribution.*

Вступ. 26 квітня 1986 року на Чорнобильській атомній електростанції сталася найбільша техногенна катастрофа в історії людства. Радіоактивне забруднення охопило значну частину території України, і мільйони людей зазнали впливу іонізуючого випромінювання різної інтенсивності. Через 40 років наслідки цієї події продовжують визначати онкологічний профіль країни: підвищений ризик раку щитоподібної залози внаслідок експозиції йодом-131 зберігається щонайменше два десятиліття після опромінення, а у постраждалих когортах документовано стійкі геномні порушення – підвищені рівні хромосомних аберацій у ліквідаторів [1, 5].

Паралельно, з лютого 2022 року, Україна зазнає масованого застосування ракетно-дронної зброї. За даними Генерального штабу Збройних Сил України, станом на січень 2026 року проти України було застосовано

понад 83 тисячі ракет та ударних безпілотних літальних апаратів (БПЛА). За нашими розрахунками [3], це призвело до викиду близько 15 тисяч тонн токсичних речовин, включаючи понад 140 тонн доведених канцерогенів Групи 1 Міжнародного агентства з дослідження раку (IARC): бенз(а) пірену, діоксинів (2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-діоксину, ТХДД), свинцю та формальдегіду.

Фундаментальна наукова проблема – конвергенція цих чинників у момент, коли постчорнобильська когорта досягає критичного порогу вичерпання репаративних резервів [4].

Метою роботи є аналіз патофізіологічних механізмів синергічного радіаційно-хімічного канцерогенезу у постчорнобильській когорті та оцінка диференційованого регіонального онкологічного ризику в Україні.

Огляд літератури.

1. Онкологічні та геномні наслідки Чорнобильської катастрофи: 40 років спостережень

Онкологічні наслідки Чорнобильської катастрофи є найбільш задокументованими в історії радіаційної медицини. Проспективне когортне дослідження, проведене у трьох найбільш забруднених областях України (Житомирській, Чернігівській та Київській), охопило 12 514 осіб, яким у 1986 році було менше 18 років, і показало статистично значущий лінійний дозозалежний зв'язок між індивідуальною дозою йоду-131 та ризиком раку щитоподібної залози, при цьому ризик зберігався протягом усього двадцятирічного періоду спостереження без ознак зниження [5].

Великомасштабне дослідження 875 ліквідаторів встановило достовірно вищі частоти дицентриків та кільцевих хромосом порівняно з контрольними групами, причому підвищені рівні аберацій залишаються задокументованими і у понад 20-річному катамнезі [1].

Молекулярний аналіз пухлин щитоподібної залози осіб, опромінених у дитячому віці, виявив специфічний мутаційний профіль, характерний для дволанцюгових розривів ДНК (ДЛР; англ. DSB – double-strand breaks). Він зумовлений переважно хромосомними перебудовами (транслокаціями та інверсіями), а не точковими мутаціями, характерними для хімічного канцерогенезу [6]. Зазначене слугує молекулярним маркером того, що шлях негомологічного з'єднання кінців (ННГЗК; англ. NHEJ – non-homologous end joining) – потенційно мутагенний механізм репарації –

активно залучався до відновлення радіаційно-індукованих пошкоджень, залишивши характерний структурний слід у геномі. Зокрема, дослідження когорти ліквідаторів в Україні продемонструвало у пацієнтів із хронічним лімфоцитарним лейкозом статистично значуще зростання частоти мутацій у генах підтримки стабільності теломер – *POT1* та *ATM* (кіназа, мутована при атаксії-телеангіектазії; англ. ataxia telangiectasia mutated kinase). Крім того, результати молекулярного профілювання вказали на суттєві зміни в експресії генів *MYC*, *NF-κB1* та *RB1*, що відіграють ключову роль у регуляції клітинного циклу, апоптозу та проліферативної активності [2].

2. Хімічний канцерогенез від ракетно-дронових ударів: основні агенти та механізми

Канцерогенний потенціал компонентів сучасного озброєння визначається двокомпонентною природою хімічного забруднення: первинними токсикантами (гептил, свинець) та вторинними продуктами детонації й термічної деструкції (поліциклічні ароматичні вуглеводні, PAH, зокрема бенз(а)пірен; діоксини; формальдегід) [3].

Фундаментальним механізмом синергічної дії цих агентів є активація AhR-опосередкованого каскаду (англ. aryl hydrocarbon receptor). Діоксин-залежна стимуляція AhR ініціює індукцію цитохрому CYP1A1, що зумовлює біоактивацію бенз(а)пірену до високореактивного метаболіту BPDE. Останній формує стійкі ковалентні адукти з ДНК, локалізовані переважно в «гарячих точках» генів-супресорів та протоонкогенів, зокрема *TP53* (кодони 157, 248, 273) та *KRAS* (кодон 12) [7, 8].

Комплексна експозиція суміші PAH, діоксинів, гептилу та важких металів може спричинити зростання ризику неопластичної трансформації у 10–50 разів порівняно з моноагентним впливом [3]. Зазначений рівень синергізму розрахований для загальної популяції без обтяженого радіаційного анамнезу [7, 8].

Методи.

У роботі проведено системний аналіз науково-медичної літератури з баз даних PubMed, Scopus та Google Scholar за 1986–2026 роки. Пошукові запити охоплювали: радіаційно-індукована геномна нестабільність після Чорнобилю, вікові зміни репарації ДНК, синергізм радіаційного та хімічного канцерогенезу, взаємодія DSB-репарації та нуклеотидної ексцизійної репарації (NER).

Для розробки регіональної моделі онкологічного ризику використані: мапи забруднення цезієм-137 за даними UNSCEAR 2008 Report (Annex D) [12], статистичні дані Генерального штабу ЗСУ щодо географії ракетно-дронових ударів (2022–2026 рр.), а також дані про латентні періоди хімічного канцерогенезу [3]. Регіональна модель є концептуальною і потребує верифікації у проспективних дослідженнях.

Результати та обговорення.

1. Патофізіологія синергічного канцерогенезу: від первинної ініціації до декомпенсації систем геномної стабільності

Механізм взаємодії радіаційного та хімічного чинників доцільно розглядати крізь призму патофізіологічної тріади: ініціація первинного пошкодження – етап відносної компенсації – декомпенсація під впливом вторинного тригера.

1.1. Етап I. Ініціація (1986 р.): радіаційно-індуковане пошкодження систем репарації

Іонізуюче випромінювання є потужним індуктором дволанцюгових розривів ДНК (ДЛР; англ. DSB) – найбільш критичного типу пошкодження через відсутність цілісної матриці для відновлення. Репарація ДЛР реалізується двома основними шляхами з принципово різною точністю [9]:

ННГЗК (негомологічне з'єднання кінців; англ. NHEJ) – домінує у G_0/G_1 фазах клітинного циклу; виступає основним, проте потенційно мутагенним механізмом «зшивання» кінців, що часто супроводжується виникненням делецій або інсерцій. Саме надмірне залучення цього шляху внаслідок масивного радіаційного навантаження 1986 року заклало фундамент для персистуючої нестабільності геному.

ГР (гомологічна рекомбінація; англ. HR) – високоточний механізм, активний у S/G_2 фазах, який використовує гомологічну послідовність сестринської хроматиди як матрицю. Проте її ресурси в умовах гострої масивної експозиції виявилися недостатніми.

Молекулярний аналіз неоплазій у постраждалих осіб підтвердив наявність специфічного мутаційного профілю (хромосомні транслокації та інверсії), характерного для ДЛР-індукованого генезису. Критичним наслідком є функціональне порушення АТМ-кінази – центрального трансдюсера DSB-сигналу, дефіцит якої унеможлиблює зупинку клітинного циклу та апоптоз, забезпечуючи виживання клітин із дефектним геномом.

1.2. Етап II. Відносна компенсація (1986–2022 рр.): вичерпання репаративного резерву

Протягом постчорнобильського періоду відбувалася часткова адаптація репаративних систем, обмежена трьома критичними факторами:

Персистуюча геномна нестабільність: тривале збереження високого рівня хромосомних аберацій у ліквідаторів [1] свідчить про фіксацію помилок репарації (транслокацій), що відтворюються у дочірніх клітинах.

Вікова інволюція НЕР: ефективність нуклеотидної ексцизійної репарації (НЕР; англ. NER – nucleotide excision repair), відповідальної за усунення об'ємних адуктів ДНК, природно знижується. Постчорнобильська когорта (наразі 40–58 років) перебуває у фазі фізіологічного зниження активності системи НЕР [4].

Епігенетична перебудова: стійка онкогенна активація (*MYC*, *NF-κB1*) на тлі пригнічення супресорів пухлин (*CEBPA*, *RB1*) [2] формує фенотип клітини з критично низьким репаративним резервом.

1.3. Етап III. Декомпенсація (з 2022 р.): хімічний тригер системного зриву

Виділено три ключові механізми декомпенсації ослаблених систем:

Механізм 1. Конвергенція пошкоджень у локусі *TP53*: Ген *TP53* зазнає подвійного удару. Радіаційно-індуковані зміни 1986 року [6] доповнюються дією метаболіту BPDE, який атакує ті самі функціонально критичні кодони гена (157, 248, 273), хоча через принципово відмінний молекулярний механізм – формування ковалентних адуктів із подальшою G→T трансверсією, а не структурні перебудови [7]. Це призводить до функціонального порушення білка p53 та припинення апоптотичної відповіді.

Механізм 2. Конкурентне виснаження спільних ресурсів: Шляхи ГР та НЕР залучають спільний пул ключових медіаторів – PCNA (proliferating cell nuclear antigen, каркасний білок для ДНК-полімераз та ферментів НЕР) та RPA [10, 14]. Одночасна потреба в репарації ДЛР та об'ємних адуктів виснажує цей пул: надмірне залучення PCNA до репарації BPDE-адуктів може конкурентно перерозподіляти цей ресурс на шкоду геномному нагляду [14]. Паралельно система BER, яка залучає XRCC1, перевантажується окисними пошкодженнями основ від активних форм кисню хімічних токсикантів.

Механізм 3. Блокада апоптозу діоксиновим компонентом: Діоксини (ТХДД) через AhR-шлях активують антиапоптотичні чинники (*Bcl-2*, *survivin*), що на тлі вже скомпрометованого статусу *TP53* створює умови

для неконтрольованого виживання клітин із подвійним геномним пошкодженням [3, 7]. Додатковим чинником є AhR-залежне епігенетичне перепрограмування хроматину під впливом ТХДД, що веде до компактизації нуклеосомної структури і обмежує доступ репараційних комплексів НЕР та ГР до місць пошкодження ДНК [15], поглиблюючи стан декомпенсації, ініційований у 1986 році.

2. Демографічна характеристика постчорнобильської когорти як групи ризику

В Україні офіційно зареєстровано близько 3,5 мільйона осіб, постраждалих від Чорнобильської катастрофи, у базі даних Національного центру радіаційної медицини (НЦРМ) НАМН України [2, 12]. Найбільш онкологічно-вразливою підгрупою є особи, які у 1986 році мали вік від 0 до 18 років – нині їм 40–58 років.

Цей вік є критичним за кількома патофізіологічними параметрами одночасно. По-перше, підвищений радіаційно-індукований онкологічний ризик зберігається щонайменше два десятиліття після опромінення [5], тобто значна частина когорти досі перебуває у фазі його реалізації. По-друге, вікове зниження ефективності НЕР і загальних систем геномного нагляду досягає клінічно значущих рівнів саме після 40 років [4]. По-третє, саме у цьому віці починається зменшення пулу НК-клітин – першої лінії імунологічного протипухлинного захисту [13].

3. Регіональний розподіл онкологічного ризику: концептуальна чотиризонна модель

Принципово різна географія двох джерел онкологічного навантаження – чорнобильської радіаційної спадщини та хімічного забруднення від ракетних ударів – дозволяє сформуувати концептуальну чотиризонну модель розподілу ризику.

Чорнобильське забруднення. За даними UNSCEAR 2008 Report (Annex D) [12], найвищі рівні забруднення цезієм-137 (Cs-137) зафіксовані у північних регіонах України: Київській, Житомирській, Чернігівській та Рівненській областях – саме тих, де було проведено проспективне когортне дослідження Brenner et al. [5]. Центральні регіони отримали помірні рівні, тоді як південні та більшість східних регіонів мають значно нижчі показники радіонуклідного забруднення.

Забруднення від ракетних ударів. Статистика Генерального штабу ЗСУ свідчить про найвищу щільність ударів у Харківській, Запорізькій,

Херсонській, Миколаївській та Донецькій областях. Значне навантаження отримали також Київ (як стратегічна ціль) та Одеська область. Захід України зазнає значно менших ударів (Таблиця 1).

Таблиця 1

**Концептуальна чотиризонна модель
регіонального онкологічного ризику в Україні**

Зона	Регіони (приклад)	Чорнобильська спадщина	Хімічне забруднення від ударів	Прогнозований ризик
Подвійного навантаження	Київська, Житомирська, Чернігівська, м. Київ	Висока	Висока (Київ – часті удари)	Максимальний; ранній пік лейкемії і раку щитоподібної
Переважно хімічна	Харківська, Запорізька, Херсонська, Миколаївська	Низька	Дуже висока	Високий; ранній пік солідних карцином (легені, ШКТ, печінка)
Переважно радіаційна спадщина	Рівненська, частина Житомирської області	Висока–помірна	Помірна	Підвищений; переважно відтермінований пік
Відносно нижчий	Захід України (Львівська, Закарпатська, Івано-Франківська)	Низька	Низька	Базовий (найнижчий серед зон)

Для наочної демонстрації конвергенції радіаційного сліду Чорнобилю та сучасних воєнно-хімічних епіцентрів було розроблено прогностичну чотиризонну мапу України (Рис. 1).

Ключовою відмінністю між зазначеними територіями є не лише рівень абсолютного ризику, а й очікуваний часовий профіль його реалізації. Для зони подвійного навантаження прогнозується найбільш складна епідеміологічна картина, зумовлена накладенням відтермінованих радіаційних ефектів на актуальне хімічне забруднення. Хоча теоретичний латентний період РАН-індукованих карцином становить 10–15 років (що відповідає 2032–2037 рр.), для постчорнобильської когорти цей термін може бути суттєво скороченим. Стан «хронічної часткової компенсації» та вичерпаний репаративний резерв створюють передумови для прискореної реалізації онкогенного потенціалу хімічних тригерів.

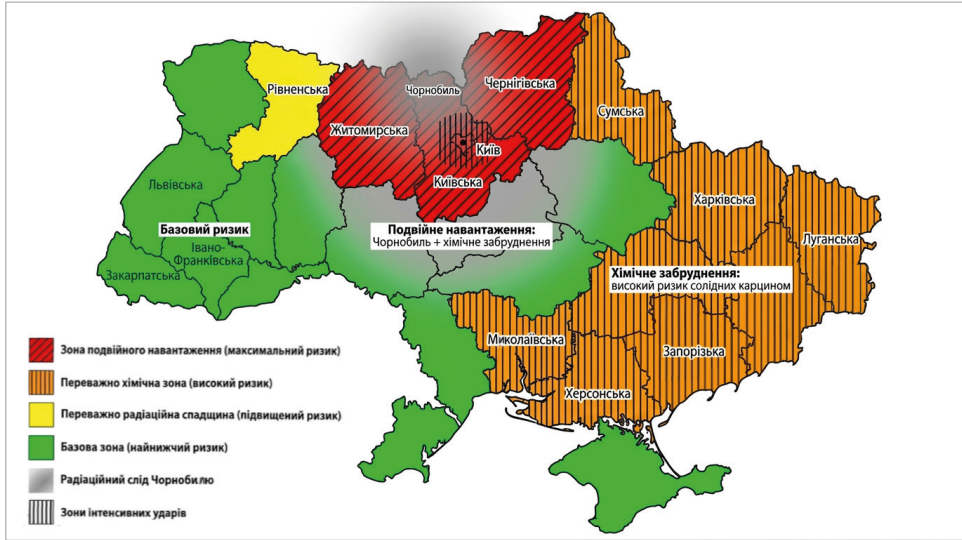


Рис. 1. Картографічна модель просторової конвергенції радіаційного та хімічного онкогенного навантаження на території України (чотиризонна модель ризику)

Для зони переважно хімічного навантаження (Схід та Південь) очікується ранній пік, зумовлений гептил-асоційованими процесами з латентним періодом 5–15 років (2027–2037 рр.) [3]. Динаміка піків представлена на Рис. 2.



Рис. 2. Прогностична модель динаміки онкологічного ризику в Україні: порівняльний аналіз латентних періодів для загальної популяції та осіб із обтяженим радіаційним анамнезом (ефект скорочення латентного вікна)

4. Прогноз та необхідні заходи

На основі базового прогнозу [3], піковий приріст онкозахворюваності в Україні очікується у 2032–2038 роках із зростанням показників на 35–50% у найбільш постраждалих регіонах і кумулятивним ефектом у вигляді 150–250 тисяч додаткових випадків раку до 2042 року. Для постчорнобильської когорти ці цифри є, ймовірно, нижньою межею оцінки через описані механізми декомпенсації.

Першочергові заходи. По-перше, інтеграція двох реєстрів: бази НЦРМ НАМН України (чорнобильські постраждалі) та реєстру осіб із зон хімічного забруднення від ракетних ударів – для формування когорти «подвійного навантаження» для проспективного спостереження. По-друге, диференційований регіональний скринінг з урахуванням чотиризонної моделі: для зони подвійного навантаження пріоритет – ультрасонографія щитоподібної залози і загальний аналіз крові з диференціалом; для зони переважно хімічної – низькодозова комп'ютерна томографія легень та скринінг раку шлунково-кишкового тракту [3]. По-третє, біомоніторинг: визначення 1-гідроксипірену (1-ОНР) у сечі як маркера РАН-експозиції, рівня свинцю в крові у дітей, рівня ТХДД у сироватці у військовослужбовців [3].

Розроблена концептуальна модель також має міжнародно-правове значення: кількісна наукова документація диференційованих онкологічних наслідків є важливою складовою доказової бази для оцінки екологічних збитків згідно зі Статтею 8(2)(b)(iv) Римського статуту Міжнародного кримінального суду [11].

Висновки.

1. Постчорнобильська когорта (~3,5 млн зареєстрованих осіб в Україні) характеризується специфічним геномним фоном: задокументованими підвищеними рівнями хромосомних аберацій у соматичних клітинах [1], персистуючим підвищеним онкологічним ризиком щонайменше два десятиліття після опромінення [5], DSB-мутаційним підписом у тканинах-мішенях [6] та порушеннями генів-регуляторів клітинного циклу [2]. Через 40 років після опромінення ця когорта перебуває у стані відносної компенсації з вичерпаним репаративним резервом.
2. Хімічне забруднення від ракетно-дронових ударів (2022–2026 рр.) є патофізіологічним тригером декомпенсації репаративних систем

через три взаємопотенційовані механізми: подвійне ураження *TP53* (радіаційний DSB-підпис + BPDE-адукти в кодонах 157, 248, 273), конкурентне виснаження спільних ресурсів ГР/НЕР (PCNA, RPA) [10, 14], пригнічення апоптозу діоксинами через AhR-шлях (активація *Bcl-2*, *survivin*) на тлі скомпрометованого *TP53* [3]. Для постчорнобильської когорти базовий коефіцієнт синергізму $\times 10-50$ [3], встановлений для загальної популяції при поєднаній хімічній експозиції, є нижньою межею оцінки через описані механізми декомпенсації.

3. Регіональний аналіз виявляє принципово різний профіль онкологічного ризику: зона подвійного навантаження (північ + Київ) матиме максимальний кумулятивний ризик; зона переважно хімічного навантаження (схід/південь) матиме ранній пік солідних карцином, незважаючи на нижчу чорнобильську спадщину; захід України зберігатиме відносно нижчий рівень ризику [3].
4. Необхідне термінове впровадження: інтеграції чорнобильського реєстру з реєстром хімічно-експонованих осіб; диференційованих регіональних програм скринінгу відповідно до чотиризональної моделі; системи біомоніторингу (1-ОНР у сечі, ТХДД у сироватці) для формування науково обґрунтованих прогностичних когорт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Lloyd, D. C., Edwards, A. A., Leonard, A., Dekker, L., Natarajan, A. T., Obe, G., Palitti, F., Tanzarella, C., & Tawn, E. J. (1995). Survey of chromosomal aberrations in lymphocytes of Chernobyl liquidators. *Radiation Protection Dosimetry*, 58(2), 85–91. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a082642>
2. Vazyka, D., Gudzenko, N., Dyagil, I., Bakhanova, E., Belyi, D., Chumak, V., Kryuchkov, V., Golovanov, I., Illenko, I., Mabuchi, K., Hatch, M., Cahoon, E. K., & Little, M. P. (2019). Cancers after Chernobyl: From epidemiology to molecular quantification. *Cancers*, 11(9), 1291. <https://doi.org/10.3390/cancers11091291>
3. Кириленко, Є. О., & Зябліцев, С. В. (2026). Канцерогенні наслідки ракетних та дронівих ударів в Україні: токсикологія палив, механізми канцерогенезу та прогноз онкозахворюваності (огляд літератури). *Медична наука України*, 22(1), 179–193. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.1.2026.21>
4. Edifizi, D., & Schumacher, B. (2015). Genome instability in development and aging: Insights from nucleotide excision repair in humans, mice, and worms. *Biomolecules*, 5(3), 1855–1869. <https://doi.org/10.3390/biom5031855>

5. Brenner, A. V., Tronko, M. D., Hatch, M., Bogdanova, T. I., Oliynik, V. A., Lubin, J. H., Zablotska, L. B., Tereschenko, V. P., McConnell, R. J., Zamotaeva, G. A., O’Kane, P., Bouville, A. C., Chaykovskaya, L. V., Greenebaum, E., Paster, I. P., Shpak, V. M., & Ron, E. (2011). I-131 dose response for incident thyroid cancers in Ukraine related to the Chernobyl accident. *Environmental Health Perspectives*, 119(7), 933–939. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002674>
6. Morton, L. M., Karyadi, D. M., Stewart, C., Bogdanova, T. I., Dawson, E. T., Steinberg, M. K., Dai, J., Hartley, S. W., Schonfeld, S. J., Sampson, J. N., Maruvka, Y., Kapoor, V., Ramsden, D. A., Carvajal-Garcia, J., Perou, C. M., Parker, J. S., Krznaric, M., Yeager, M., Boland, J. F., ... Chanock, S. J. (2021). Radiation-related genomic profile of papillary thyroid cancer after the Chernobyl accident. *Science*, 372(6543), Article eabg2538. <https://doi.org/10.1126/science.abg2538>
7. Uno, S., Dalton, T. P., Dragin, N., Curran, C. P., Derkenne, S., Miller, M. L., Shertzer, H. G., Gonzalez, F. J., & Nebert, D. W. (2006). Oral benzo[a]pyrene in Cyp1 knockout mouse lines: CYP1A1 important in detoxication, CYP1B1 metabolism required for immune damage independent of total-body burden and clearance rate. *Molecular Pharmacology*, 69(4), 1103–1114. <https://doi.org/10.1124/mol.105.021501>
8. Shi, Z., Dragin, N., Miller, M. L., Stringer, K. R., Johansson, E., Chen, J., Uno, S., Dalton, T. P., Rubio, C. A., & Nebert, D. W. (2010). Oral benzo[a]pyrene-induced cancer: Two distinct types in different target organs depend on the mouse Cyp1 genotype. *International Journal of Cancer*, 127(10), 2334–2350. <https://doi.org/10.1002/ijc.25231>
9. Chang, H. H. Y., Pannunzio, N. R., Adachi, N., & Lieber, M. R. (2017). Non-homologous DNA end joining and alternative pathways to double-strand break repair. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 18(8), 495–506. <https://doi.org/10.1038/nrm.2017.48>
10. Nickoloff, J. A., Sharma, N., Taylor, L., Allen, S. J., & Hromas, R. (2021). Nuclease cleavage at the intersection of DNA replication and repair. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8, Article 824997. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.824997>
11. United Nations. (1998). *Rome Statute of the International Criminal Court*. UN Treaty Series, 2187, 3.
12. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2011). *Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 report, volume II, annex D*. United Nations.
13. Solana, R., Tarazona, R., Gayoso, I., Lesur, O., Dupuis, G., & Fulop, T. (2012). Innate immunosenescence: Effect of aging on cells and receptors of the innate immune system in humans. *Seminars in Immunology*, 24(5), 331–341. <https://doi.org/10.1016/j.smim.2012.04.008>
14. Moldovan, G. L., Pfander, B., & Jentsch, S. (2007). PCNA, the maestro of the replication fork. *Cell*, 129(4), 665–679. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.05.043>
15. Hossain, M. A., & Bhattacharya, S. (2022). Histone and chromatin dynamics facilitating DNA repair. *Frontiers in Genetics*, 13, Article 926577. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.926577>

REFERENCES

1. Lloyd, D. C., Edwards, A. A., Leonard, A., Dekker, L., Natarajan, A. T., Obe, G., Palitti, F., Tanzarella, C., & Tawn, E. J. (1995). Survey of chromosomal aberrations in lymphocytes of Chernobyl liquidators. *Radiation Protection Dosimetry*, 58(2), 85–91. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a082642>
2. Bazyka, D., Gudzenko, N., Dyagil, I., Bakhanova, E., Belyi, D., Chumak, V., Kryuchkov, V., Golovanov, I., Illenko, I., Mabuchi, K., Hatch, M., Cahoon, E. K., & Little, M. P. (2019). Cancers after Chornobyl: From epidemiology to molecular quantification. *Cancers*, 11(9), 1291. <https://doi.org/10.3390/cancers11091291>
3. Kyrylenko, Y. O., & Ziablitsev, S. V. (2026). Carcinogenic consequences of missile and drone strikes in Ukraine: Fuel toxicology, mechanisms of carcinogenesis, and cancer incidence forecast. *Medical Science of Ukraine*, 22(1), 179–193. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.1.2026.21>
4. Edifizi, D., & Schumacher, B. (2015). Genome instability in development and aging: Insights from nucleotide excision repair in humans, mice, and worms. *Biomolecules*, 5(3), 1855–1869. <https://doi.org/10.3390/biom5031855>
5. Brenner, A. V., Tronko, M. D., Hatch, M., Bogdanova, T. I., Oliynik, V. A., Lubin, J. H., Zablotska, L. B., Tereschenko, V. P., McConnell, R. J., Zamotaeva, G. A., O’Kane, P., Bouville, A. C., Chaykovskaya, L. V., Greenebaum, E., Paster, I. P., Shpak, V. M., & Ron, E. (2011). I-131 dose response for incident thyroid cancers in Ukraine related to the Chernobyl accident. *Environmental Health Perspectives*, 119(7), 933–939. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002674>
6. Morton, L. M., Karyadi, D. M., Stewart, C., Bogdanova, T. I., Dawson, E. T., Steinberg, M. K., Dai, J., Hartley, S. W., Schonfeld, S. J., Sampson, J. N., Maruvka, Y., Kapoor, V., Ramsden, D. A., Carvajal-Garcia, J., Perou, C. M., Parker, J. S., Krznaric, M., Yeager, M., Boland, J. F., ... Chanock, S. J. (2021). Radiation-related genomic profile of papillary thyroid cancer after the Chernobyl accident. *Science*, 372(6543), Article eabg2538. <https://doi.org/10.1126/science.abg2538>
7. Uno, S., Dalton, T. P., Dragin, N., Curran, C. P., Derkenne, S., Miller, M. L., Shertzer, H. G., Gonzalez, F. J., & Nebert, D. W. (2006). Oral benzo[a]pyrene in Cyp1 knockout mouse lines: CYP1A1 important in detoxication, CYP1B1 metabolism required for immune damage independent of total-body burden and clearance rate. *Molecular Pharmacology*, 69(4), 1103–1114. <https://doi.org/10.1124/mol.105.021501>
8. Shi, Z., Dragin, N., Miller, M. L., Stringer, K. R., Johansson, E., Chen, J., Uno, S., Dalton, T. P., Rubio, C. A., & Nebert, D. W. (2010). Oral benzo[a]pyrene-induced cancer: Two distinct types in different target organs depend on the mouse Cyp1 genotype. *International Journal of Cancer*, 127(10), 2334–2350. <https://doi.org/10.1002/ijc.25231>
9. Chang, H. H. Y., Pannunzio, N. R., Adachi, N., & Lieber, M. R. (2017). Non-homologous DNA end joining and alternative pathways to double-strand break repair. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 18(8), 495–506. <https://doi.org/10.1038/nrm.2017.48>
10. Nickoloff, J. A., Sharma, N., Taylor, L., Allen, S. J., & Hromas, R. (2021). Nuclease cleavage at the intersection of DNA replication and repair. *Frontiers*

in *Molecular Biosciences*, 8, Article 824997. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.824997>

11. United Nations. (1998). *Rome Statute of the International Criminal Court*. UN Treaty Series, 2187, 3.
12. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2011). *Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 report, volume II, annex D*. United Nations.
13. Solana, R., Tarazona, R., Gayoso, I., Lesur, O., Dupuis, G., & Fulop, T. (2012). Innate immunosenescence: Effect of aging on cells and receptors of the innate immune system in humans. *Seminars in Immunology*, 24(5), 331–341. <https://doi.org/10.1016/j.smim.2012.04.008>
14. Moldovan, G. L., Pfander, B., & Jentsch, S. (2007). PCNA, the maestro of the replication fork. *Cell*, 129(4), 665–679. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.05.043>
15. Hossain, M. A., & Bhattacharya, S. (2022). Histone and chromatin dynamics facilitating DNA repair. *Frontiers in Genetics*, 13, Article 926577. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.926577>

УДК 613.2:614.876:504.054(477)

СТРАТЕГІЧНА РОЛЬ АЛІМЕНТАРНОГО ЧИННИКА У МІНІМІЗАЦІЇ РАДІОЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ: ВІД ЧОРНОБИЛЯ ДО СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ ЯДЕРНОГО ТЕРОРИЗМУ

МАТАСАР Ігнат Тимофійович,

доктор медичних наук,
професор, академік НАНВО України,
заслужений діяч науки і техніки України.
ДУ «Національний науковий центр радіаційної
медицини, гематології та онкології НАМН України»,
ORCID ID: 0000-0002-1404-283X

Анотація. У статті проаналізовано трансформацію радіоекологічних загроз в Україні станом на 2026 рік, зумовлену синергією довготривалих наслідків аварії на ЧАЕС та сучасних ризиків ядерного тероризму. Обґрунтовано провідну роль аліментарного шляху (близько 90%) у формуванні дози внутрішнього опромінення населення. Визначено критичні ланки харчового ланцюга та роль «прихованого голоду» (дефіциту

білків та мікронутрієнтів) у підвищенні радіочутливості організму в умовах воєнного стану. Автором запропоновано комплексну біохімічну стратегію захисту, що базується на принципах конкурентного заміщення радіонуклідів (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{131}I) їхніми стабільними антагоністами (K, Ca, I). Розглянуто технологічні алгоритми деконтамінації харчової сировини та розробку функціональних продуктів із використанням ентеросорбентів (пектинів, альгінатів) та антиоксидантних комплексів. Сформульовано гігієнічні регламенти для впровадження «радіопротекторної дієтології» як стратегічного елемента національної безпеки та збереження генетичного здоров'я нації.

Ключові слова: радіоекологічні ризики, аліментарний чинник, ядерний тероризм, конкурентне заміщення, радіопротектори, функціональне харчування, деконтамінація.

UDC 613.2:614.876:504.054(477)

STRATEGIC ROLE OF THE ALIMENTARY FACTOR IN MINIMIZING RADIOECOLOGICAL RISKS: FROM CHORNOBYL TO MODERN THREATS OF NUCLEAR TERRORISM

Ignat MATASAR,

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Academician of the Academy of Sciences of Higher
Education of Ukraine, Honored Worker
of Science and Technology of Ukraine.

State Institution "National Research Center
for Radiation Medicine, Hematology and Oncology
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine."

Abstract. The article analyzes the transformation of radioecological threats in Ukraine as of 2026, caused by the synergy of the long-term consequences of the Chernobyl accident and modern risks of nuclear terrorism. The leading role of the alimentary pathway (about 90%) in the formation of the internal radiation dose of the population is substantiated. The critical links of the food chain and the role of «hidden hunger» (deficiency of proteins and micronutrients) in increasing the radiosensitivity of the body under martial law conditions are identified. The

authors propose a comprehensive biochemical protection strategy based on the principles of competitive substitution of radionuclides (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{131}I) with their stable antagonists (K, Ca, I). Technological algorithms for decontamination of food raw materials and the development of functional products using enterosorbents (pectins, alginates) and antioxidant complexes are considered. Hygienic regulations for the implementation of «radioprotective dietetics» as a strategic element of national security and preservation of the genetic health of the nation are formulated.

Keywords: *radioecological risks, alimentary factor, nuclear terrorism, competitive substitution, radioprotectors, functional nutrition, decontamination.*

Вступ.

Актуалізація проблеми. Станом на 2026 рік радіоекологічна ситуація в Україні набула безпрецедентного характеру. Сучасний стан характеризується трансформацією загроз у формі «подвійного пресингу»: поєднанням довготривалих наслідків катастрофи на Чорнобильській АЕС із новими ризиками, спричиненими актами ядерного тероризму [1, 4]. Окупація Запорізької АЕС створила глобальний прецедент, де діюча атомна інфраструктура стала інструментом військової агресії [5, 10].

Особливу небезпеку становить синергія радіаційних та соціально-економічних чинників. Хронічне внутрішнє опромінення накладається на гострий нутрієнтний дефіцит, що виснажує адаптаційні резерви організму [7, 8].

Харчовий ланцюг як головний вектор інкорпорації. Епідеміологічні дослідження підтверджують, що близько 90% річної дози внутрішнього опромінення населення формується саме аліментарним шляхом [3]. Основними ланками надходження радіонуклідів залишаються лісові екосистеми Полісся, гідробіоти та продукція тваринництва, що вимагає суворого дотримання гігієнічних регламентів [2]:

- **Лісові екосистеми Полісся:** де через специфіку міцеліального переносу гриби та ягоди є потужними акумуляторами цезію.
- **Гідробіоти:** хижі види риб, що накопичують ізотопи внаслідок їх седиментації у мулових відкладах.
- **Продукція тваринництва:** інтенсивність переходу радіонуклідів у яку безпосередньо залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунтів пасовищ (кислотність, вологість).

«Прихований голод» та біохімічна стратегія захисту. Сучасна деформація раціонів призвела до стану «прихованого голоду». Дефіцит білка та мікронутрієнтів-антиоксидантів (Se, Zn, вітаміни A, D, E) виступає каталізатором онкогенних процесів [7]. Фундаментальним інструментом протидії є принцип **конкурентного заміщення**, де насичення організму стабільними елементами-антагоністами (K, Ca, I) блокує метаболічні шляхи для радіонуклідів [6, 8].

Мета роботи. Обґрунтувати стратегічну роль аліментарного чинника як керованої ланки радіаційного захисту та розробити гігієнічні алгоритми використання функціональних продуктів-деконтамінантів для збереження генетичного здоров'я нації в умовах перманентних воєнно-екологічних загроз.

Методи. Для досягнення мети застосовано комплекс методів:

- **бібліосемантичний:** вивчення фахової науково-методичної та міжнародної літератури;
- **теоретичний аналіз:** узагальнення даних щодо стану здоров'я жителів несприятливих регіонів;
- **методи медичної статистики:** оцінка достовірності результатів із застосуванням t-критерію Ст'юдента.

Актуалізація проблеми: нова парадигма безпеки (2026 рік)

Трансформація загроз: Україна перебуває в унікальній та загрозовій ситуації «подвійного пресингу» – комбінації віддалених наслідків аварії на ЧАЕС та прямих радіаційних ризиків, спричинених актами ядерного тероризму (окупація ЗАЕС, бойові дії на ядерних об'єктах).

- ✓ **Глобальний прецедент:** Вперше в історії людства діючий атомний об'єкт став об'єктом військової агресії. Досвід українських вчених з управління радіаційними ризиками набуває статусу критично важливого протоколу для світової безпеки.
- ✓ **Синергія ризиків:** Хронічне фонове опромінення (^{137}Cs , ^{90}Sr) накладається на гострий нутрієнтний дефіцит, зумовлений воєнним станом, що критично знижує адаптаційні резерви організму.

Харчовий ланцюг як головний вектор інкорпорації

- **Епідеміологічний профіль:** Близько 90% дози внутрішнього опромінення населення формується через аліментарний шлях (споживання продуктів харчування).
- **Зони ризику та «критичні» продукти:**

- **Лісові екосистеми (Полісся):** Дикороси (гриби, ягоди) залишаються потужними накопичувачами цезію через специфіку міцеліального переносу.
- **Гідробіонти:** Високий коефіцієнт накопичення у хижих риб (щука, сом) через седиментацію радіонуклідів у мулових відкладах водойм.
- **Тваринництво:** Залежність накопичення ізотопів від кислотності та вологості ґрунтів пасовищ, що потребує посиленого ветеринарно-санітарного контролю.

Нутрієнтний дефіцит як фактор радіочутливості («прихований голод»).

- **Деформація раціонів:** Дослідження в постраждалих регіонах виявляють стан «прихованого голоду», який підсилює дію радіонуклідів:
- **Енергетична незбалансованість:** Дефіцит енергії при надлишку «порожніх» вуглеводів призводить до метаболічного синдрому.
- **Білковий дефіцит (40%):** Порушення синтезу транспортних білків та ферментів, що блокує механізми репарації ДНК.
- **Мікронутрієнтний колапс:** Дефіцит антиоксидантів (Селен, Цинк, вітаміни А, D, E) посилює оксидативний стрес, стаючи каталізатором онкогенних процесів у тканинах, що зазнали променевого впливу.

Технологічні та гігієнічні алгоритми мінімізації

- **Агрохімічний захист:** Системне вапнування кислих ґрунтів для зниження рухливості стронцію та внесення калійних добрив для зменшення доступності цезію для рослин.
- **Харчові технології:** Перевага надається промисловій переробці молока (виробництво масла, сирів), де радіонукліди розподіляються нерівномірно, залишаючись переважно у сироватці.
- **Кулінарна обробка:**
 - Використання методу вимочування та тривалого варіння зі зміною води.
 - Видалення кісток при термічній обробці м'яса.
 - Використання природних ентеросорбентів (пектини, харчові волокна) для виведення радіонуклідів із шлунково-кишкового тракту.

Продукти-ентеросорбенти (деконтамінти)

Основна мета – зв'язування радіонуклідів безпосередньо у шлунково-кишковому тракці для запобігання їх всмоктуванню у кров.

- **Пектиновмісні композити:** Розробка напоїв (киселів, соків з м'якоттю) на основі яблучного та цитрусового пектину. Пектин утворює нерозчинні комплекси з ^{137}Cs та ^{90}Sr .
- **Альгінати:** Використання солей альгінової кислоти (з морських водоростей) у хлібобулочних виробках. Альгінат кальцію є найефективнішим засобом для виведення стронцію, оскільки має до нього вищу спорідненість, ніж до власне кальцію.
- **Фітосорбенти:** Додавання висівок (пшеничних, вівсяних) та подрібненого насіння льону до молочних продуктів (йогуртів).

Фортифікація мінералами-антагоністами (Блокування)

Створення продуктів масового споживання, збагачених елементами, що конкурують за рецептори та транспортні системи з радіонуклідами.

- **Калієва дієта (проти цезію):** Виробництво спеціалізованих сольових сумішей (заміна NaCl на суміш солей калію та магнію) для використання в харчовій промисловості.
- **Кальцієво-магнієва корекція (проти стронцію):** Збагачення молочних продуктів та питної води біодоступними формами кальцію (цитрати, лактати) разом із вітаміном D₃ для кращого засвоєння.
- **Селенозалежний захист:** Виробництво яєць та зернових продуктів з підвищеним вмістом селену (Se) шляхом селенізації кормів та ґрунтів. Селен – ключовий компонент глутатіонпероксидази, що захищає клітини від радіаційного пошкодження.

Антиоксидантні комплекси (Радіопротекція)

Продукти, що мінімізують наслідки оксидативного стресу та сприяють репарації (відновленню) ДНК.

- **Поліфенольні напої:** Використання екстрактів виноградних кісточок, зеленого чаю, ехінацеї та шипшини у функціональних напоях для стимуляції імунітету.
- **Вітамінна синергія:** Створення жировмісних продуктів (спреди, олії), збагачених каротиноїдами (провітамін А), вітаміном Е та коензимом Q10.

- **Адаптогени:** Додавання екстрактів елеутерококу або женьшеню до продуктів харчування для осіб, що працюють у зонах відчуження або на об'єктах ядерної енергетики.

Гігієнічний регламент та контроль

Для успішної реалізації стратегії на державному рівні необхідно:

1. **Маркування:** Впровадження спеціального знаку «Радіопротекторний продукт» для сертифікованих товарів.
2. **Моніторинг:** Постійний радіометричний контроль сировини, особливо з Поліського регіону.
3. **Логістика:** Забезпечення пріоритетного постачання таких продуктів у дитячі садочки, школи та лікарні в зонах потенційного ризику (навколо АЕС).

Технологічні та гігієнічні алгоритми мінімізації радіопротекторних ризиків:

- **Агрохімічний захист:** вапнування ґрунтів та внесення калійних добрив [4].
- **Харчові технології:** промислова переробка молока та специфічна кулінарна обробка сировини [9].
- **Продукти-ентеросорбенти:** використання пектинів та альгінатів для зв'язування радіонуклідів у ШКТ [9]. Альгінат кальцію визнано найефективнішим засобом для виведення стронцію.
- **Фортифікація:** створення продуктів, збагачених Калієм, Кальцієм та Селеном для конкурентного блокування ізотопів [3, 6].
- **Антиоксидантний захист:** впровадження поліфенольних сполук та вітамінних комплексів для мінімізації оксидативного стресу [7, 8].

Харчування в умовах радіаційного забруднення – це не просто дієтологічне завдання, а стратегічний елемент радіаційного захисту, зокрема:

- необхідно впровадити державну програму зі створення спеціалізованих функціональних продуктів для населення зон ризику;
- поєднати класичний досвід подолання наслідків ЧАЕС з сучасними досягненнями нутріціології;
- розвиток «радіопротекторної дієтології» є запорукою збереження імунорезистентності та генетичного здоров'я нації в умовах перманентних воєнно-екологічних загроз.

Висновки.

Харчування в умовах радіаційного забруднення – це стратегічний елемент національної безпеки, який передбачає:

- впровадження державної програми зі створення спеціалізованих функціональних продуктів для населення зон ризику;
- поєднати класичний досвід подолання наслідків ЧАЕС з сучасними досягненнями нутріціології;
- розвивати «радіопротекторну дієтологію для збереження імунорезистентності та генетичного здоров'я нації в умовах перманентних воєнно-екологічних загроз

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи : Закон України від 27.02.1991 № 791а-ХІІ : станом на 01.01.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791a-12>
2. Гігієнічні регламенти допустимих рівнів вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у харчових продуктах та питній воді (ГР 6.6.1.1-130-2006) : затв. наказом МОЗ України від 03.05.2006 № 256.
3. Корзун В. Н. Аліментарні чинники в системі протирадіаційного захисту населення. *Довкілля та здоров'я*. 2021. № 2. С. 48–55.
4. Спеціальні радіоекологічні виклики під час військових дій в Україні: звіт 2022–2024. Державне агентство України з управління зоною відчуження. Київ, 2024. 112 с.
5. Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine: Summary Report by the Director General. Vienna : IAEA, 2024. 74 p.
6. Скальний А. В., Рудаков І. В. Біоелементи в медицині : навч. посіб. Київ : Здоров'я, 2019. 240 с.
7. Гуліч М. П. Роль нутрієнтного статусу у формуванні радіорезистентності організму в сучасних екологічних умовах. *Український журнал сучасної медицини*. 2023. Т. 12, № 4. С. 15–22.
8. Nutrition as a countermeasure against ionizing radiation / J. Smith et al. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. 2025. Vol. 18, Issue 1. P. 102–115.
9. Пектини та альгінати в технології деконтамінації продуктів харчування : монографія / за ред. О. Г. Сидоренка. Харків : Світло, 2022. 180 с.
10. Офіційні звіти МАГАТЕ щодо ситуації на Запорізькій АЕС (2022–2026). URL: <https://www.iaea.org/ukraine-updates> (дата звернення: 27.02.2026).

IV. ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 664

ВИКОРИСТАННЯ БІОАКТИВНИХ РОСЛИННИХ ДОБАВОК У ТЕХНОЛОГІЇ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

КРАВЧЕНЮК Христина Юріївна,
к. т. н., доцент, старший викладач,
ORCID ID: 0000-0002-7547-6834

БУЧКОВСЬКИЙ Олександр Романович,
студент,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
м. Тернопіль, Україна

Анотація.

Проаналізовано перспективи використання борошна з виноградних кісточок як функціональної добавки у технології пшеничного хліба. Відмічено, що така сировина є цінним джерелом клітковини, поліфенолів та антиоксидантів, що дозволяє підвищити харчову цінність виробів і водночас сприяє раціональному використанню відходів виноробства.

USE OF BIOACTIVE PLANT SUPPLEMENTS IN WHEAT BREAD TECHNOLOGY

Khrystyna KRAVCHENIUK,
Ph.D., associate professor, senior teacher,
ORCID ID: 0000-0002-7547-6834

Oleksandr BUCHKOVSKY,
Student,
Ternopil National Technical University
named after Ivan Pulyu
Ternopil, Ukraine

Abstract.

The prospects of using grape seed flour as a functional additive in wheat bread technology are analyzed. It is noted that such raw materials are a valuable source of fiber, polyphenols and antioxidants, which allows to increase the nutri-

tional value of products and at the same time contributes to the rational use of winemaking waste.

Вступ. Сучасне виноробство супроводжується утворенням значної кількості побічних продуктів, зокрема виноградних кісточок, шкірки та плодоніжок, які становлять до 20% маси сировини. Неєфективна утилізація цих відходів може призводити до екологічних проблем, водночас вони є цінним джерелом біологічно активних речовин із антиоксидантними, протизапальними та гіпоглікемічними властивостями [1, 2, 3].

У зв'язку зі зростанням попиту на функціональні харчові продукти перспективним є використання борошна з виноградних кісточок для збагачення хлібобулочних виробів, які традиційно характеризуються високим глікемічним індексом і обмеженим вмістом поживних речовин [4, 5].

Метою роботи є аналіз доцільності використання борошна з виноградних кісточок у технології пшеничного хліба.

Огляд літератури. Аналіз наукових джерел свідчить, що сучасні тенденції харчування спрямовані на споживання продуктів із підвищеною біологічною цінністю. Зміна харчових звичок та поширення захворювань, пов'язаних із незбалансованим раціоном, зумовлюють необхідність створення функціональних продуктів, зокрема хліба зі збагаченим складом [5].

Одним із напрямів є часткова заміна пшеничного борошна різноманітними рослинними добавками (насіння, зернові добавки, фруктові та овочеві порошки), що дозволяє підвищити вміст білка, клітковини, мінералів, вітамінів та антиоксидантів.

Особливий інтерес викликають виноградні кісточки, як побічний продукт виноробства. Вони характеризуються високим вмістом харчових волокон, білків, ліпідів і поліфенолів, включаючи фенольні кислоти та ресвератрол. За даними досліджень, борошно з виноградних кісточок значно перевищує пшеничне за вмістом клітковини та мінеральних речовин [6, 7].

Крім того, виноградні кісточки містять біоактивні сполуки з антиоксидантними властивостями, що робить їх перспективними для використання у виробництві функціональних харчових продуктів. Додавання продуктів переробки винограду до хлібобулочних виробів сприяє підви-

щенню їх харчової цінності, покращенню органолептичних показників і наданню природного кольору та аромату [8].

Методи дослідження. У роботі зроблено аналіз наукових джерел щодо використання борошна з виноградних кісточок у харчових технологіях.

Висновки. Додавання борошна з виноградних кісточок до пшеничного хліба є цікавою темою для досліджень та потребують поглибленого вивчення. А саме: потрібно з'ясувати оптимальний ступінь заміни пшеничного борошна для збереження реологічних характеристик тіста, ферментативні властивості, а також оптимальні сенсорні характеристики функціонального пшеничного хліба, які будуть сприйматися споживачами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Tița, O.; Lengyel, E.; Stegăruș, D.I.; Săvescu, P.; Ciubara, A.B.; Constantinescu, M.A.; Tița, M.A.; Rață, D.; Ciubara, A. Identification and Quantification of Valuable Compounds in Red Grape Seeds. *Appl. Sci.* 2021, 11, 5124.
2. Jimenez-Lopez, C.; Fraga-Corral, M.; Carpena, M.; García-Oliveira, P.; Echave, J.; Pereira, A.G.; Lourenço-Lopes, C.; Prieto, M.A.; Simal-Gandara, J. Agriculture waste valorisation as a source of antioxidant phenolic compounds within a circular and sustainable bioeconomy. *Food Funct.* 2020, 11, 4853–4877.
3. Boff, J.M.; Strasburg, V.J.; Ferrari, G.T.; de Oliveira Schmidt, H.; Manfroi, V.; de Oliveira, V.R. Chemical, Technological, and Sensory Quality of Pasta and Bakery Products Made with the Addition of Grape Pomace Flour. *Foods* 2022, 11, 3812.
4. Tabrizi, R.; Tamtaji, O.R.; Lankarani, K.B.; Akbari, M.; Dadgostar, E.; Dabbaghmanesh, M.H.; Kolahdooz, F.; Shamshirian, A.; Momen-Heravi, M.; Asemi, Z. The effects of resveratrol intake on weight loss: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2020, 60, 375–390.
5. Benefits and Drawbacks of Incorporating Grape Seeds into Bakery Products: Is It Worth It? URL: <https://www.mdpi.com/2673-4591/37/1/117> (дата звернення 12.04.2026).
6. Research on the Potential Use of Grape Seed Flour in the Bakery Industry URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9180234/> (дата звернення 12.04.2026).
7. Kapcsándi, V.; Hanczné Lakatos, E.; Sik, B.; Linka, L.Á.; Székelyhidi, R. Antioxidant and polyphenol content of different *Vitis vinifera* seed cultivars and two facilities of production of a functional bakery product. *Chem. Pap.* 2021, 75, 5711–5717.

8. Berry pomace as a potential ingredient for plant-based meat analogs URL: <https://iadns.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fob2.12010> (дата звернення 12.04.2026).

REFERENCE

1. Tița, O., Lengyel, E., Stegăruș, D.I., Săvescu, P., Ciubara, A.B., Constantinescu, M.A., Tița, M.A., Rață, D., & Ciubara, A. (2021). Identification and quantification of valuable compounds in red grape seeds. *Applied Sciences*, 11, 5124.
2. Jimenez-Lopez, C., Fraga-Corral, M., Carpena, M., García-Oliveira, P., Echave, J., Pereira, A.G., Lourenço-Lopes, C., Prieto, M.A., & Simal-Gandara, J. (2020). Agriculture waste valorisation as a source of antioxidant phenolic compounds within a circular and sustainable bioeconomy. *Food & Function*, 11, 4853–4877.
3. Boff, J.M., Strasburg, V.J., Ferrari, G.T., de Oliveira Schmidt, H., Manfroï, V., & de Oliveira, V.R. (2022). Chemical, technological, and sensory quality of pasta and bakery products made with the addition of grape pomace flour. *Foods*, 11, 3812.
4. Tabrizi, R., Tamtaji, O.R., Lankarani, K.B., Akbari, M., Dadgostar, E., Dabbaghmanesh, M.H., Kolahdooz, F., Shamshirian, A., Momen-Heravi, M., & Asemi, Z. (2020). The effects of resveratrol intake on weight loss: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60, 375–390.
5. *Benefits and drawbacks of incorporating grape seeds into bakery products: Is it worth it?* Available at: <https://www.mdpi.com/2673-4591/37/1/117> (accessed 12 April 2026).
6. *Research on the potential use of grape seed flour in the bakery industry.* Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9180234/> (accessed 12 April 2026).
7. Kapcsándi, V., Hanczné Lakatos, E., Sik, B., Linka, L.Á., & Székelyhidi, R. (2021). Antioxidant and polyphenol content of different *Vitis vinifera* seed cultivars and two facilities of production of a functional bakery product. *Chemical Papers*, 75, 5711–5717.
8. Berry pomace as a potential ingredient for plant-based meat analogs. Available at: <https://iadns.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fob2.12010> (accessed 12 April 2026).

УДК 664

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХЛІБА З ПІДВИЩЕНОЮ АНТИОКСИДАНТНОЮ АКТИВНІСТЮ

ЛЯЛИК Анастасія Тарасівна,

к. т. н., доцент,

ORCID ID: 0000-0003-3013-1784

ЛЕВЕНЕЦЬ Марія Олегівна,

студентка,

Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

м. Тернопіль, Україна

***Анотація.** Проаналізовано перспективи створення функціонального хліба з підвищеною антиоксидантною активністю шляхом використання рослинної сировини, зокрема порошку калини. Показано, що додавання калини підвищує біологічну цінність виробів, покращує їхні технологічні та органолептичні властивості, а також сприяє отриманню продуктів із оздоровчим потенціалом.*

DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL BREAD TECHNOLOGY WITH INCREASED ANTIOXIDANT ACTIVITY

Anastasiia LIALYK,

Ph.D., associate professor,

ORCID ID: 0000-0003-3013-1784

Maria LEVENETS,

Student,

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Ternopil, Ukraine

***Abstract.** The paper analyzes the prospects of creating functional bread with increased antioxidant activity by using plant raw materials, in particular viburnum powder. It has been shown that the addition of viburnum increases the biological value of products, improves their technological and organoleptic*

properties, and also contributes to the production of products with health potential.

Вступ. Антиоксиданти відіграють важливу роль у підтримці здоров'я людини, оскільки здатні зменшувати або нейтралізувати наслідки окислювальних процесів, пов'язаних з розвитком низки захворювань, зокрема онкологічних, нейродегенеративних та запальних. У зв'язку з цим актуальним напрямом сучасної харчової науки є створення функціональних продуктів із підвищеною антиоксидантною активністю. Особливу увагу приділяють хлібобулочним виробам як продуктам масового споживання, які можуть бути ефективними носіями біологічно активних речовин [1, 2, 3].

Метою роботи є аналіз та обґрунтування технології функціонального хліба з підвищеною антиоксидантною активністю за рахунок використання рослинної сировини, зокрема калини.

Огляд літератури. Наукові дослідження останніх років свідчать про значний інтерес до збагачення хлібобулочних виробів природними антиоксидантами, зокрема фруктовими поліфенолами. Встановлено, що використання фруктових вичавок і концентрованих екстрактів дозволяє підвищити антиоксидантну активність готових виробів без суттєвого погіршення їхніх органолептичних характеристик. Крім того, такі добавки сприяють зростанню вмісту фенольних сполук та можуть інгібувати активність ферментів, пов'язаних із вуглеводним обміном.

Сучасний асортимент функціональних хлібобулочних виробів включає продукцію з додаванням багатозернового борошна, насіння, ягід та інших видів нетрадиційної сировини. Викорстання фруктових і овочевих порошків у рецептуру сприяє підвищенню вмісту харчових волокон, вітамінів і мінералів, покращує структурно-механічні властивості тіста, активує дріжджі та позитивно впливає на якість готових виробів. Такі добавки також можуть знижувати глікемічний індекс продукції та подовжувати термін її зберігання [4, 5].

Особливу увагу привертають порошкоподібні продукти, багаті на фенольні сполуки, отримані за допомогою екологічно безпечних технологій. Вони характеризуються високою антиоксидантною та антимікробною активністю, що сприяє уповільненню процесів окислення та псування харчових продуктів [6].

Перспективною сировиною є плоди калини звичайної (*Viburnum opulus L.*), які містять значну кількість біологічно активних речовин, зокрема аскорбінову кислоту, антоціани, фенольні сполуки, мікроелементи та харчові волокна. Дослідження підтверджують антибактеріальні, протизапальні та антиоксидантні властивості калини, що обґрунтовує доцільність її використання у виробництві функціональних харчових продуктів [7, 8, 9].

Методи дослідження. Проведено теоретичний аналіз наукових джерел, що дозволить узагальнити сучасні підходи до збагачення хлібобулочних виробів антиоксидантами рослинного походження.

Висновки. Використання порошку калини у технології виробництва хліба є доцільним, оскільки він є природним джерелом антиоксидантів (антоціанів, фенольних сполук, вітаміну С), які сприяють нейтралізації вільних радикалів і зниженню інтенсивності окиснювальних процесів.

Крім того, додавання калини дозволить підвищити біологічну цінність хліба, надати йому функціональних властивостей. Вивчити зміну реологічних властивостей тіста, ферментаційних процесів, а також покращити органолептичні показники та потенційно подовжити термін зберігання. Таким чином, застосування порошку калини є перспективним напрямом у створенні функціональних хлібобулочних виробів антиоксидантної дії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Impact of *Viburnum opulus L.* Fruit Extracts on the Physicochemical, Sensory, and Bioactive Properties of Wheat Waffles URL: <https://www.mdpi.com/1420-3049/30/24/4677> (дата звернення 16.04.2026).
2. Apak, R. Current Issues in Antioxidant Measurement. *J. Agric. Food Chem.* 2019, 67, 9187–9202.
3. Carlsen, M.H.; Halvorsen, B.L.; Holte, K.; Bøhn, S.K.; Dragland, S.; Sampson, L.; Willey, C.; Senoo, H.; Umezono, Y.; Sanada, C.; et al. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutr. J.* 2010, 9, 3.
4. Koparal, A.T. In Vitro Evaluation of Gilaburu (*Viburnum opulus L.*) Juice on Different Cell Lines. *Anadolu J. Educ. Sci. Int.* 2019, 9, 549–571.
5. Pędziwiatr, D.; Lamadrid, M.C.; Wojdyło, A. Cookies Fortified with Polyphenols Extracts: Impact on Phenolic Content, Antioxidant Activity, Inhibition of α -Amylase and α -Glucosidase Enzyme, Colour and Sensory Attractiveness. *Antioxidants* 2024, 13, 1108.

6. Research on the Potential Use of Grape Seed Flour in the Bakery Industry
URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9180234/> (дата звернення 16.04.2026).
7. Genus *Viburnum*: Therapeutic Potentialities and Agro-Food-Pharma Applications
URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8310452/> (дата звернення 16.04.2026).
8. Polka D., Podsędek A., Koziółkiewicz M. Comparison of chemical composition and antioxidant capacity of fruit, flower and bark of *Viburnum opulus*. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2019;74(3):436–442.
9. Česonienė L., Daubaras R., Viškelis P., Šarkinas A. Determination of the total phenolic and anthocyanin contents and antimicrobial activity of *Viburnum opulus* fruit juice. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2012;67(3):256–261.

REFERENCE

1. *Impact of Viburnum opulus L. Fruit Extracts on the Physicochemical, Sensory, and Bioactive Properties of Wheat Waffles*. Available at: <https://www.mdpi.com/1420-3049/30/24/4677> (accessed 16 April 2026).
2. Apak, R. (2019). Current issues in antioxidant measurement. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 9187–9202.
3. Carlsen, M.H., Halvorsen, B.L., Holte, K., Bøhn, S.K., Dragland, S., Sampson, L., Willey, C., Senoo, H., Umezono, Y., Sanada, C., et al. (2010). The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutrition Journal*, 9, 3.
4. Koparal, A.T. (2019). In vitro evaluation of gilaburu (*Viburnum opulus* L.) juice on different cell lines. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 9, 549–571.
5. Pędzziwiatr, D., Lamadrid, M.C., & Wojdyło, A. (2024). Cookies fortified with polyphenol extracts: Impact on phenolic content, antioxidant activity, inhibition of α -amylase and α -glucosidase, colour and sensory attractiveness. *Antioxidants*, 13, 1108.
6. *Research on the Potential Use of Grape Seed Flour in the Bakery Industry*. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9180234/> (accessed 16 April 2026).
7. *Genus Viburnum: Therapeutic Potentialities and Agro-Food-Pharma Applications*. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8310452/> (accessed 16 April 2026).
8. Polka, D., Podsędek, A., & Koziółkiewicz, M. (2019). Comparison of chemical composition and antioxidant capacity of fruit, flower and bark of *Viburnum opulus*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(3), 436–442.
9. Česonienė, L., Daubaras, R., Viškelis, P., & Šarkinas, A. (2012). Determination of total phenolic and anthocyanin contents and antimicrobial activity of *Viburnum opulus* fruit juice. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67(3), 256–261.

УДК 664

ФОРМУВАННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ХЛІБА ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ БІЛКОВМІСНОЇ СИРОВИНИ

ЛЯЛИК Анастасія Тарасівна,

к. т. н., доцент,
ORCID ID: 0000-0003-3013-1784

МИСЬКО Софія Романівна,

студентка,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
м. Тернопіль, Україна

***Анотація.** Розглянуто доцільність використання грибного порошку у технології виробництва хліба з метою підвищення його харчової та біологічної цінності. В науковому огляді показано, що додавання грибів, зокрема глив, сприяє збагаченню хліба білками, біоактивними сполуками, а також може позитивно впливати на глікемічний індекс і функціональні властивості готових виробів.*

DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL BREAD TECHNOLOGY WITH INCREASED ANTIOXIDANT ACTIVITY

Anastasiia LIALYK,

Ph.D., associate professor,
ORCID ID: 0000-0003-3013-1784

Sofia MYSKO,

Student,
Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
Ternopil, Ukraine

***Abstract.** The expediency of using mushroom powder in the technology of bread production in order to increase its nutritional and biological value is considered. It is shown that the addition of mushrooms, in particular mushrooms, contributes to the enrichment of bread with proteins, bioactive compounds, and*

can also have a positive effect on the glycemic index and functional properties of finished products.

Вступ. Хліб є одним із основних продуктів харчування у світі та важливим джерелом вуглеводів у раціоні людини. Основною сировиною для його виробництва є пшеничне борошно, яке містить значну кількість крохмалю та може спричиняти швидке підвищення рівня глюкози в крові. У сучасних умовах зростає зацікавленість споживачів у продуктах із підвищеною харчовою та біологічною цінністю, збагачених природними інгредієнтами, такими як білки, харчові волокна, вітаміни, мінерали та антиоксиданти [1, 2,].

Метою роботи є наукове обґрунтування та дослідження доцільності використання грибного порошку у технології виробництва хліба для покращення його функціональних властивостей.

Огляд літератури. Аналіз наукових досліджень показує, що одним із перспективних напрямів удосконалення хлібобулочних виробів є збагачення пшеничного борошна рослинними джерелами білка, зокрема бобовими культурами, які підвищують вміст білка та покращують амінокислотний склад продукції [3].

Окрему увагу приділено використанню їстівних грибів у технології хліба. Встановлено, що додавання грибної сировини сприяє збільшенню частки повільно засвоюваного крохмалю, що у свою чергу, знижує глікемічний індекс готового продукту. Гриби є цінним джерелом білка, вітамінів (особливо групи В і С), мінералів та біоактивних сполук, включаючи антиоксиданти. Вони містять незамінні амінокислоти, зокрема лізин, якого недостатньо в пшеничному борошні [4, 5].

Особливої уваги заслуговують гливи (*Pleurotus ostreatus*), які є одними з найпоширеніших культивованих грибів. Вони характеризуються високою харчовою цінністю, містять білки, вітаміни, мінерали, харчові волокна (β -глюкани) та антиоксидантні сполуки. Дослідження підтверджують їхні антибактеріальні, протипухлинні, протидіабетичні та антиоксидантні властивості [6, 7].

У літературі також описано застосування грибів у різних формах (екстракти, порошки) для збагачення харчових продуктів, зокрема хліба, печива та інших виробів. Водночас зазначається, що надмірна кількість грибного порошку може негативно впливати на технологічні та сенсорні

характеристики продукції, тому важливим є оптимальне додавання добавки [8, 9, 10].

Методи дослідження. Проведено теоретичний аналіз та узагально наукові джерела щодо використання грибною сировини у хлібопеченні.

Висновки. Оскільки недостатньо досліджень про потенційне використання порошку з глив у виробництві хліба, ця тема буде актуальною для вивчення. Вцілому додавання грибів у вигляді порошку до пшеничного борошна може оптимізувати рецептуру, а також покращити його харчову цінність, смак та аромат.

Збагачений хліб можна буде класифікувати як продукт з більшою харчовою цінністю завдяки включенню біоактивних сполук, що містяться в глинах. Ці сполуки включатимуть харчові волокна, такі як α - та β -глюкани, а також поліфеноли, які мають антиоксидантний потенціал.

Також слід пам'ятати, що добавка грибного порошку до харчових продуктів підвищить їхню корисність для здоров'я, але водночас впливатиме на технологічну якість, яка часто відіграє ключову роль для споживачів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ronda F., Rivero P., Caballero P.A., Quilez J. High insoluble fibre content increases in vitro starch digestibility in partially baked breads. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2012;63:971–977.
2. Enhancing the Nutritional Properties of Bread by Incorporating Mushroom Bioactive Compounds: The Manipulation of the Pre-Dictive Glycaemic Response and the Phenolic Properties URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8066703/> (дата звернення 14.04.2026).
3. Study on mushroom flour and it's potential for bakery product URL: <https://ijmras.com/index.php/ijmras/article/view/392> (дата звернення 14.04.2026).
4. Shumoy H., Raes K. In vitro starch hydrolysis and estimated glycemic index of tef porridge and injera. *Food Chem.* 2017;229:381–387.
5. Świeca M., Sęczyk L., Gawlik-Dziki U., Dziki D. Bread enriched with quinoa leaves—The influence of protein-phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food Chem.* 2014;162:54–62.
6. Seghchi M., Morimoto N., Abe M., Yoshino Y. Effect of maitake (*Grifola frondosa*) mushroom powder on bread properties. *J. Food Sci.* 2001;66:261–264.
7. Radzki W., Ziaja-Sołtys M., Nowak J., Topolska J., Bogucka-Kocka A., Sławińska A., Michalak-Majewska M., Jabłońska-Ryś E., Kuczumow A. Impact of processing on polysaccharides obtained from button mushroom (*Agaricus bisporus*) *Int. J. Food Sci. Technol.* 2019;54:1405–1412.
8. Sabino Ferrari A.B., Azevedo de Oliveira G., Russo H.M., Bertozo L.C., Bolzani V.S., Zied D.C., Ximenes V.F., Zeraik M.L. *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus subrufescens*:

Investigation of chemical composition and antioxidant properties of these mushrooms cultivated with different handmade and commercial supplements. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2021;56:452–460.

9. The Impact of Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) on the Baking Quality of Rye Flour and Nutrition Composition and Antioxidant Potential of Rye Bread URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/2/199> (дата звернення 14.04.2026).
10. Wheat Bread Supplemented with *Agaricus bisporus* Powder: Effect on Bioactive Substances Content and Technological Quality URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9739908/> (дата звернення 14.04.2026).

Reference

1. Ronda, F., Rivero, P., Caballero, P.A., & Quilez, J. (2012). High insoluble fibre content increases in vitro starch digestibility in partially baked breads. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63, 971–977.
2. *Enhancing the nutritional properties of bread by incorporating mushroom bioactive compounds: The manipulation of the predictive glycaemic response and the phenolic properties.* Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8066703/> (accessed 14 April 2026).
3. *Study on mushroom flour and its potential for bakery products.* Available at: <https://ijmras.com/index.php/ijmras/article/view/392> (accessed 14 April 2026).
4. Shumoy, H., & Raes, K. (2017). In vitro starch hydrolysis and estimated glycemic index of tef porridge and injera. *Food Chemistry*, 229, 381–387.
5. Świeca, M., Sęczyk, L., Gawlik-Dziki, U., & Dziki, D. (2014). Bread enriched with quinoa leaves—The influence of protein–phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food Chemistry*, 162, 54–62.
6. Seghchi, M., Morimoto, N., Abe, M., & Yoshino, Y. (2001). Effect of maitake (*Grifola frondosa*) mushroom powder on bread properties. *Journal of Food Science*, 66, 261–264.
7. Radzki, W., Ziaja-Sołtys, M., Nowak, J., Topolska, J., Bogucka-Kocka, A., Sławińska, A., Michalak-Majewska, M., Jabłońska-Ryś, E., & Kuczumow, A. (2019). Impact of processing on polysaccharides obtained from button mushroom (*Agaricus bisporus*). *International Journal of Food Science and Technology*, 54, 1405–1412.
8. Sabino Ferrari, A.B., Azevedo de Oliveira, G., Russo, H.M., Bertozo, L.C., Bolzani, V.S., Zied, D.C., Ximenes, V.F., & Zeraik, M.L. (2021). *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus subrufescens*: Investigation of chemical composition and antioxidant properties of these mushrooms cultivated with different handmade and commercial supplements. *International Journal of Food Science and Technology*, 56, 452–460.
9. *The impact of oyster mushrooms (Pleurotus ostreatus) on the baking quality of rye flour and nutritional composition and antioxidant potential of rye bread.* Available at: <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/2/199> (accessed 14 April 2026).
10. *Wheat bread supplemented with Agaricus bisporus powder: Effect on bioactive substances content and technological quality.* Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9739908/> (accessed 14 April 2026).