

Галина Скрипка,

кандидат ветеринарних наук, асистент кафедри
інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного
інспектування ім. професора В.Я.Атамася,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0002-3326-7604
e-mail: ludskayaya@gmail.com

Ольга Найдіч,

кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри ветеринарної
медицини та гігієни,
Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна
ORCID ID: 0000-0002-1016-5891
e-mail: olia_naidich@ukr.net

Валентина Ясько,

кандидат с-г. наук, доцент кафедри технології
виробництва і переробки продукції тваринництва,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0002-6438-0204
e-mail: valentinayasko2207@gmail.com

Анастасія Волчкова,

здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня освіти
4 курсу ОП «Ветеринарна медицина»,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0009-0007-2104-9101
e-mail: vvol4kova@gmail.com

ГОСТРА ПРОМЕНЕВА ХВОРОБА У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

Анотація

На сучасному етапі в Україні зберігається висока ймовірність зростання кількості радіаційних інцидентів і техногенно-екологічних катастроф унаслідок військових дій. Застосування ядерної зброї супроводжується масштабним радіоактивним забрудненням навколишнього середовища та формуванням променевої хвороби не лише у людей, але й у тварин. У зв'язку з цим особливого значення набуває належний рівень професійної обізнаності лікарів ветеринарної медицини щодо механізмів дії радіонуклідів на організм сільськогосподарських тварин, патогенезу променевої хвороби, а також сучасних методів її діагностики, лікування й профілактики. Променева хвороба (радіаційний синдром) являє собою складну патологію, що виникає внаслідок впливу іонізуючого випромінювання у дозах,

здатних спричиняти гострі чи хронічні ушкодження тканин. Дана нозологічна одиниця характеризується системними морфофункціональними порушеннями, які зумовлені руйнуванням клітинних структур, пригніченням кровотворення та імунної відповіді організму. Основними джерелами радіоактивного забруднення в епіцентрі ядерного вибуху є продукти розпаду ядерного палива, частки заряду, що не вступили в реакцію, а також радіоактивні ізотопи, утворені у ґрунті та будівельних матеріалах під дією нейтронного опромінення. Ураження людей і тварин може відбуватися як внаслідок зовнішнього опромінення, так і через внутрішнє надходження радіонуклідів із забрудненою водою, кормами чи повітрям. У тяжких випадках це призводить до розвитку променевої хвороби з високою ймовірністю летальних наслідків. З огляду на підвищений рівень радіаційної небезпеки в умовах воєнних дій, сільськогосподарські тварини поряд із людьми перебувають у зоні значного ризику. Це зумовлює необхідність поглибленої підготовки ветеринарних спеціалістів у сфері радіобіології та радіаційної медицини. У статті проаналізовано ключові чинники, що визначають перебіг променевої хвороби у тварин, висвітлено механізми формування патологічних змін, наведено характеристику клінічних стадій захворювання у різних видів тварин, а також узагальнено сучасні підходи до його діагностики, терапії та профілактики.

Ключові слова: гостра променева хвороба, сільськогосподарські тварини, іонізуюче випромінювання, ветеринарна радіобіологія.

Вступ. Не зважаючи на культурний та гуманістичний розвиток у ХХІ столітті людство продовжує потерпати від руйнівних наслідків, які пов'язані з військовими діями, серед яких фігурує ядерна загроза. Наслідком застосування ядерної зброї є радіоактивне забруднення навколишнього середовища та розвиток променевої хвороби не тільки у людей, але й у тварин [1].

Променева хвороба (радіаційний синдром) є комплексною патологією, що виникає у тварин в результаті дії іонізуючого випромінювання на організм в дозах, здатних спричинити гостре або хронічне пошкодження тканин. Дана нозологічна одиниця характеризується комплексними патологічними змінами, які зумовлені руйнуванням клітинних структур, порушенням кровотворення та імунної відповіді [1, 2, 3].

Радіаційна небезпека порушує засади благополуччя тварин, турботу про яке покладено на людину. Благополуччя тварин — це стан, у якому повністю задовольняються їх фізіологічні та поведінкові потреби за рахунок створення належних умов розведення, утримання і транспортування. Це включає регулярний догляд, повноцінне годування та напування, а також гуманне ставлення, що виключає страх, біль та страждання, у тому числі і під час забою. Також має бути забезпечене право тварини на прояв своєї природної поведінки. Благополуччя тварин включає у собі як контролювання над захворюваннями, так і забезпечення стабільного довкілля, що дає можливість задовольнити всі основні потреби тварин [4].

Тому, незважаючи на покращення систем радіаційної безпеки, в Україні зберігається ймовірність збільшення кількості радіаційних інцидентів та катастроф, що супроводжуються вибухами, спалахами та викидами радіонуклідів внаслідок збройної агресії. Ці події можуть призвести до страждань тварин, зниження рівня їх здоров'я та продуктивності. Даний факт

потребує обізнаності лікарів ветеринарної медицини щодо усунення негативного впливу радіонуклідів на сільськогосподарські тварини, зокрема розуміння алгоритму розвитку та лікування променевої хвороби, що є актуальним питанням сьогодення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Радіоактивне забруднення є наслідком осідання значної кількості радіоактивних речовин, які потрапляють у повітря під час ядерного вибуху, що призводить до забруднення повітря, водойм, ґрунту, а також опромінення живих істот.

Основними джерелами радіоактивних речовин, у зоні вибуху, є продукти розпаду ядерного палива, частина ядерного заряду, яка не взяла участі в реакції, а також радіоактивні ізотопи, що утворилися у ґрунті та інших матеріалах під дією нейтронів. Люди й тварини можуть зазнати ураження внаслідок зовнішнього або внутрішнього опромінення, спричиненого радіоактивним забрудненням. У тяжких випадках це призводить до розвитку променевої хвороби, яка може призвести навіть до летальних наслідків [1, 5].

У перші години, а подекуди й дні після вибуху, найбільшу загрозу для здоров'я людей і тварин становить зовнішнє опромінення. Радіоактивний пил, потрапляючи на шкіру чи слизові оболонки, викликає місцеве запалення [1].

Внутрішнє опромінення організму виникає внаслідок проникнення радіонуклідів із забрудненими кормами, водою або через вдихання зараженого повітря. Радіонукліди мають здатність до інкорпорування у внутрішніх органах. Вплив іонізуючого випромінювання може призвести до розвитку променевої хвороби, яка буває у гострій або хронічній формі. Гостра форма виникає після навіть одноразового, але сильного опромінення, а хронічна розвивається через тривале надходження радіації у невеликих дозах [1].

Цікаво, що термін «гостра променева хвороба» увійшов у вжиток лише у середині 50-х років минулого століття. До цього, після аварій у лабораторіях, інцидентів на атомних реакторах, бомбардуванні японських міст, тощо у науковій літературі використовували інші назви: «гострий променевий синдром», «променевий синдром», «гостре променеве ураження», «променеве ураження організму», але саме поняття «гостра променева хвороба» ще не застосовувалося. Перші наукові дослідження, присвячені вивченню променевої хвороби в Україні, розпочалися ще у 1920–1930-х роках. Їх проводили в Українському рентгено-радіологічному інституті у Харкові та в Київському рентгено-радіологічному та онкологічному інституті. Проте систематичні дослідження променевої патології розгорнулися вже після завершення Другої світової війни. Провідну роль у цих наукових розробках відіграв Інститут фізіології імені О.О. Богомольця [6].

Вплив радіації на тварин в сублетальних та летальних дозах призводить до перенесення бактерій до крові та регіональних лімфатичних вузлів з таких мікробних резервуарів як кишечник, дихальні шляхи, шкіра. Також під впливом великих доз радіації, що викликають часткову або повну загибель усіх опромінених тварин, організм піддається дії ендогенної (сапрофітної) мікрофлори та втрачає резистентність до екзогенних інфекцій. Доведено, що в

період розпалу гострої променевої хвороби природний і штучний імунітет тварин сильно ослаблений [6, 7].

Тварини схильні до усіх проявів променевої патології: гострій і хронічній променевої хвороби, опікам та різноманітним віддаленим наслідкам. Щодо променевої хвороби, виділяють чотири ступеня її протікання - від легкої до украй важкої. Гостра променева хвороба у тварин має наступні етапи: період первинних реакцій, латентний період, етап з яскраво вираженими клінічними ознаками і завершальний період одужання. На протікання гострої форми променевої хвороби має вплив дози і виду випромінювання. Також грають роль індивідуальні особливості організму кожної окремо взятої тварини [7].

Етіологія. До етіології виникнення гострої променевої хвороби можна віднести різноманітні види іонізуючого випромінювання, які походять від певних джерел (радіоактивні ізотопи, рентгенівські установки, ядерні реактори, атомні вибухи тощо). Гостра променева хвороба виникає у тварин в результаті зовнішнього одноразового великого опромінення (зазвичай у дозі більше, ніж 1 Грей/100 рад) протягом короткого проміжку часу. Гостра променева хвороба може бути спричинена впливом як зовнішнього рівномірного опромінення, так і нерівномірного опромінення, а також виникає під час зовнішнього рівномірного пролонгованого опромінення [8].

Патогенез. Як відомо, основною мішенню іонізуючого випромінювання є молекула ДНК. Внаслідок дії іонізуючого випромінювання на цю клітинну структуру у тварин виникають генетичні мутації, апоптоз клітин, порушення клітинного ділення, пригнічення функцій кровотворних органів (кістковий мозок, лімфатична система), що в свою чергу призводить до зниження імунітету, порушення функціонування всіх систем органів, що може вплинути на життя тварини та призвести до передчасної смерті [8, 9].

Клінічні прояви. Клінічна картина за гострої променевої хвороби залежить від дози опромінення і виду тварини. Гостра променева хвороба характеризується трьома основними клінічними синдромами:

Кістково-мозковий (гематологічний) синдром. В основі його виникнення лежить первинне пошкодження іонізуючим випромінюванням родоначальних клітинних елементів, головним чином, стовбурових клітин, масова загибель клітин кісткового мозку, що діляться. Глибокі порушення у кровотворній системі визначають схильність до кровотеч - виникають вторинні зміни - множинні крововиливи в шкіру, слизові, паренхіматозні органи, виявлені у розпал захворювання (геморагічний синдром).

Шлунково-кишковий епітеліальний синдром. Він включає клітинне спустошення ворсинок і крипт кишечника, інфекційні процеси, ураження кровоносних судин, порушення балансу рідини та електролітів, порушення секреторної, моторної, бар'єрної функції кишечника.

Церебральний синдром. Ураження ЦНС характеризується порушенням кровообігу та лікворообігу з розвитком набряку мозку. Причиною загибелі нервових клітин може з'явитися їх безпосереднє пошкодження або серед коване при пошкодженні інших систем, зокрема, кровоносних судин.

Залежно від дози іонізуючого випромінювання яку отримала тварина, що викликала гостру променевою хворобу та переважання того чи іншого синдрому виділяють *чотири клінічні форми* гострої променевої хвороби (табл.1) [8].

Табл. 1.

Форми гострої променевої хвороби [8]

Назва форми гострої променевої хвороби	Доза опромінення Грей (Гр)	Клінічні прояви
Кістково-мозкова	1 – 10	синдром ураження кісткового мозку
Кишкова	10 – 20	синдром ураження кишечника
Токсемічна	20 – 80	синдром ураження судинної системи
Церебральна	Понад 80	синдром ураження центральної нервової системи

Кістково-мозкова форма. Розвивається при опроміненні у дозах 1-10 Гр. Характеризується переважно поразкою кісткового мозку (кістково-мозковий синдром). Летальність 50%.Симптоми, які характерні для даної форми променевої хвороби: нудота, блювання, загальна слабкість, сонливість, диспептичні розлади, підвищення температури, збільшення ШОЕ, прогресування анемії та тромбоцитопенії, розвиток агранулоцитозу, геморагічного синдрому. У периферичній крові - наростаючий нейтрофільний лейкоцитоз зі зсувом лейкоцитарної формули вліво, що переходить у лейкопенію, абсолютна та відносна лімфопенія, знижується вміст ретикулоцитів та тромбоцитів. У кістковому мозку спостерігається зниження мітотичного індексу та зникнення молодих форм клітин, що в подальшому призводить до виснаження паростків кровотворення. Також може відзначатися епіляція волосся, атрофія гонад, розвиток змін у тонкому кишечнику та шкірі. Лімфатичні вузли виглядають збільшеними за рахунок геморагічного просочування. Спостерігаються рясні крововиливи в шкіру, слизові оболонки, шлунок, кишечник, надниркові залози, легені, мозок та серце. Погіршують ситуацію інфекційні ускладнення, що виникають - виразковонекротичні гінгівіти, некротичні ангіни, пневмонія, запальні зміни у кишечнику [8-12].

Кишкова форма гострої променевої хвороби виникає під час опромінення в діапазоні доз 10-20 Гр. Летальність 100%. Основні клінічні прояви пов'язані з ураженням шлунково-кишкового тракту: нудота, блювання, кривавий пронос,

метеоризм, паралітична непрохідність кишківника. Відзначається лейкопенія, лімфопенія, може мати місце картина сепсису. До смерті при кишковій формі гострої променевої хвороби призводить дегідратація організму, що супроводжується втратою електролітів і білка, розвиток незворотного шоку, пов'язаного з дією мікробних та тканинних токсинів, інтоксикація організму продуктами кишкового вмісту організму у зв'язку з порушенням бар'єрних функцій кишківника [8-12].

Токсемічна форма гострої променевої хвороби виникає при опроміненні в дозах 20-80 Грей, характеризується вираженими гемодинамічними порушеннями, головним чином, у кишечнику, печінці, парезом судин, тахікардією, крововиливами, тяжкою аутоінтоксикацією та менінгеальними симптомами (набряк). Спостерігається олігурія та гіперазотемія внаслідок ураження нирок. Розвивається інтоксикація організму продуктами розпаду. Смерть настає на 4-7 добу (летальність 100%) [8-12].

Церебральна форма гострої променевої хвороби виникає при опроміненні у дозах 80 Гр та вище. Смерть настає протягом 1-3 діб відразу після або в ході самого опромінення («смерть під променем»). Характеризується розвитком судомно-паралітичного синдрому, порушеннями крово- та лімфообігу в ЦНС, судинного тонуусу та терморегуляції. Пізніше з'являються порушення з боку шлунково-кишкового тракту, відбувається прогресивне зниження кров'яного тиску. Летальність 100%. Причиною смерті при церебральній формі гострої променевої хвороби є тяжкі та незворотні порушення ЦНС, що характеризуються значними структурними змінами, загибеллю клітин кори головного мозку та нейронів ядер гіпоталамуса [8-12].

Згідно тяжкості захворювання розрізняють *чотири ступені* гострої променевої хвороби. Перший ступінь (легка гостра променева хвороба) спостерігається у тварин, які отримали дозу опромінення від 1 до 2 Гр. Другий ступінь (гостра променева хвороба середньої тяжкості) розвивається за опромінення тварин у дозі від 2 до 4 Гр. Третій ступінь (тяжка гостра променева хвороба) розвивається за дози опромінення від 4 до 6 Гр. І четвертий ступінь (або надтяжка гостра променева хвороба) розвивається за опромінення при дозах вищих за 6 Гр. Але певні види сільськогосподарських тварин є більш радіочутливішими, тому більш тяжкі форми гострої променевої хвороби можуть спостерігатися у них за меншої дози опромінення. Наприклад, до таких тварин відносять велику рогату худобу. І навпаки – у більш радіостійких тварин гостра променева хвороба тяжкої форми може спостерігатися за більш високих доз опромінення. До радіостійких тварин відносяться такі тварини як кролі та деякі гризуни [8, 10].

Також розрізняють *чотири періоди (фази) або стадії* гострої променевої хвороби.

Перша стадія (фаза первинної реакції або продромальна) характеризується у тварин нудотою, блюванням, діареєю, задишкою, слабкістю (або навпаки збудженням, яке згодом змінюється пригніченням), гіпертермією, зниженням апетиту. Характерна картина крові для даної фази – нейтрофільний

лейкоцитоз, лімфопенія та збільшення кількості ретикулоцитів. Дана стадія виявляється вже через кілька годин після опромінення і триває від трьох до чотирьох діб. В кінці даної фази у тварин відмічаються суб'єктивні покращення.

Друга стадія (латентна фаза, період уявного благополуччя або фаза «ходячого трупа») характеризується задовільним станом тварин і відсутністю якихось клінічних проявів. Тривалість даної фази в середньому від двох до п'яти тижнів і залежить від дози опромінення – чим вищу дозу отримала тварина, тим дана фаза коротша. Латентна стадія визначається терміном життя клітин крові і поступовим наростанням патологічних змін в органах. Під час даної фази протікають (скриті до певного часу) патологічні зміни у кістковому мозку, який спустошується, а також розвиваються зміни у тонкому кишечнику та в шкірі. В період уявного благополуччя у тварин виявляються характерні зміни у клінічному аналізі крові: лімфопенія, тромбоцитопенія, знижується кількість ретикулоцитів та нейтрофілів.

У кістковому мозку спостерігається аплазія. В кінці другої стадії можуть спостерігатися крововиливи на слизових оболонках, випадіння шерсті, порушення функції шлунково-кишкового тракту, бронхіти та пневмонії [1, 7-11].

Третя стадія (період розпалу хвороби) характеризується різким погіршенням загального стану тварин. Тривалість даного періоду в середньому від одного до чотирьох тижнів. Третя стадія відзначається глибокими ураженнями кровотворної системи і тканин кишечника, а також розвитком геморагічного синдрому, інфекційних ускладнень, інтоксикацією та пригніченням імунної системи. У хворих тварин відзначається анемія, сепсис, серцево-судинні та неврологічні порушення, з'являється задишка, втрачається апетит, спостерігаються проноси, дистрофічні процеси на слизових оболонках рота та кишечника, знижується маса тіла, підвищується температура тіла. Яскравою характерною ознакою періоду розпалу гострої променевої хвороби є геморагічний синдром, який характеризується великими крововиливами у шкірі та слизових оболонках, а також у паренхіматозні органи, серце та головний мозок. Якщо тварина отримала високу дозу опромінення даний період гострої променевої хвороби може закінчитися смертю. В інших випадках хвороба переходить у четверту стадію [1, 8, 11].

Четверта стадія (період відновлення) гострої променевої хвороби характеризується поліпшенням стану хворих тварин. Поступово зникають геморагічні прояви, відбувається регенеративні процеси на шкірі та слизових оболонках, нормалізується температура тіла і функціонування органів. Даний період в середньому триває від трьох місяців до трьох років на тлі функціональної недостатності регуляторних процесів певних систем організму. На четвертій стадії окрім регенерації та одужання у деякого відсотка тварин, які отримали високу дозу опромінення, може спостерігатися смерть внаслідок сепсису, кровотеч, органної недостатності [8,9].

У різних видів тварин (собаки, великі жуйні, птахи) симптоми мають певну варіабельність, але загалом вразливішими є молоді особини та вагітні самки [11].

Діагностика. Гостра променева хвороба діагностується комплексно на основі наявності радіаційного інциденту, збору анамнезу та визначення дози опромінення, гематологічних дослідженнях, клінічній картині, а також за результатами радіометричних досліджень проведених ветеринарною радіологічною службою [7-10, 12-15].

Лікування та профілактика. Лікування гострої променевої хвороби комплексне і зводиться до двох основних пунктів: нормалізацію порушених функцій організму та профілактику інфекційних ускладнень і некробіотичних процесів. З урахуванням патогенетичних механізмів розвитку променевої хвороби та значимості окремих проявів клінічних ознак, лікувальні заходи повинні бути спрямовані на чотири засади (рис.1) [11, 16-18].

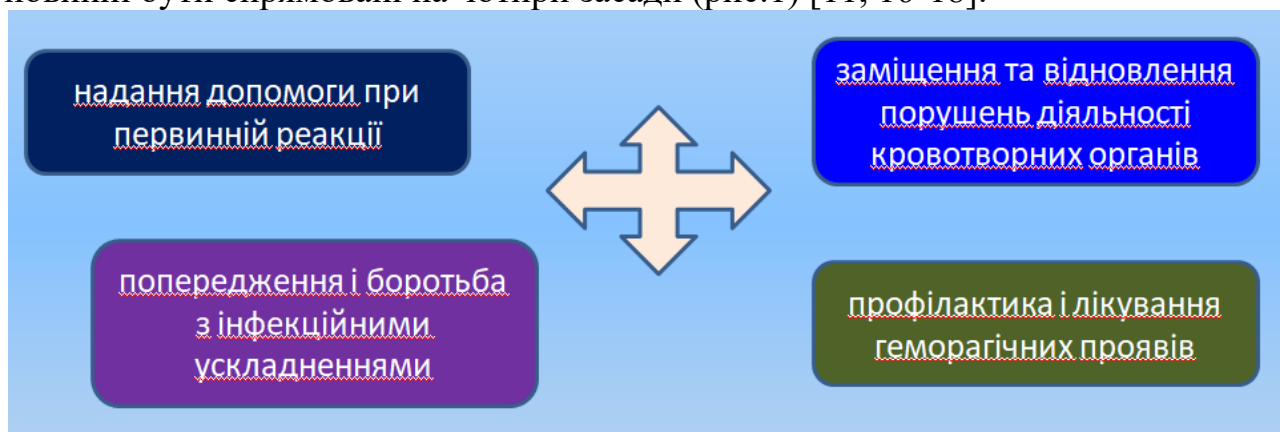


Рис.1. Засади лікування ГПХ (рисунок авторів)

Під час радіаційної аварії для збереження благополуччя тварин, треба діяти за певними алгоритмами. Так, тварин які перебувають на забрудненій місцевості за можливості швидко виводять на незабруднену або відносно менш забруднену територію. Далі тварини за необхідності піддаються повній ветеринарній обробці (видаленню радіоактивних речовин із зовнішніх покривів). Тварини, які зазнали опромінення легкого ступеня, як правило, не потребують подальшого спеціального лікування. Їх переводять на повнораціонні корми та створюють гарні зоогігієнічні умови утримання під ветеринарним наглядом. У разі виявлення ознак будь-якого ускладнення проводять необхідне лікування [8, 11, 19-24].

Тварини які зазнали опромінення середнього та тяжкого ступеня, піддаються комплексному лікуванню, яке проводять якомога раніше з урахуванням тяжкості ураження та періодів гострої променевої хвороби.

Для лікування тварин виконують наступні заходи:

- ✓ нормалізують регулюючі функції центральної нервової системи;
- ✓ проводять детоксикацію та десенсибілізацію організму;

- ✓ попереджають чи зменшують прояви геморагічних явищ;
- ✓ запобігають інфекційним ускладненням;
- ✓ нормалізують функції органів кровотворення;
- ✓ нормалізують функції органів кровообігу, дихання, травлення та обміну речовин;

Зазвичай сільськогосподарських тварин лікують симптоматично або направляють на забій згідно до вимог ветеринарно-санітарного законодавства [8, 11, 20-25].

У *початковий період* клінічного перебігу променевої хвороби застосовуються фармакологічні засоби, спрямовані на зниження гіперзбудження центральної нервової системи та відновлення її регуляторних функцій.

З метою стабілізації гомеостазу здійснюється переливання ізогрупної крові або використання кровозамінників. Останні проявляють не лише детоксикаційний ефект, але й виконують замісну функцію, стимулюють процеси гемопоезу та активують неспецифічні захисні механізми організму.

Паралельно проводяться внутрішньовенні інфузії 25–40% водного розчину глюкози у поєднанні з аскорбіною кислотою. Додатково призначаються діуретичні препарати з метою посилення виведення токсичних метаболітів. Для забезпечення оптимального водного балансу тваринам надають необмежений доступ до води, а також рекомендується використання додаткових рідких кормів, зокрема сінного чаю, відвару вівса та інших напоїв, що мають лікувально-профілактичну дію [1,7,9,11,20,23,24].

У якості десенсибілізуючих засобів застосовуються антигістамінні препарати. Додатково внутрішньовенно призначається 10% розчин кальцію хлориду у стандартних терапевтичних дозуваннях. Зазначені лікарські засоби не лише чинять виражений десенсибілізуючий вплив, але й позитивно діють на функціональний стан нервової системи та судинних стінок, а також сприяють зменшенню проявів геморагічного синдрому.

У випадку надходження радіоактивних речовин у шлунково-кишковий тракт першочерговим завданням є максимально швидко їх видалення з організму. З цією метою застосовують введення адсорбентів з наступним призначенням проносних засобів, промивання шлунка та інші методи детоксикації. Паралельно із вказаними заходами тваринам забезпечують повний фізіологічний спокій, висококалорійне, вітамінізоване та легко перетравне харчування, а також належні зоогігієнічні умови утримання [1,7,9,11,20,23,24].

Слід враховувати, що стресові фактори (занепокоєння, неповноцінне або несвоєчасне годування, перегрівання, переохолодження, порушення умов утримання) істотно ускладнюють перебіг променевої хвороби та погіршують прогноз.

У тварин із порушеннями системи кровотворення та зниженням імунологічної резистентності при гострій променевій хворобі нерідко виникають ускладнення інфекційного характеру, що потребують своєчасної

профілактики та терапії. З цією метою призначають антибіотики широкого спектра дії, зокрема ті, що впливають на кишкову мікрофлору. Для розширення спектра активності та попередження розвитку резистентності мікроорганізмів доцільним є комбіноване застосування кількох антибіотиків. Водночас слід враховувати, що антибіотикотерапія не запобігає розвитку ендогенної інфекції в опромінених тварин, а лише знижує тяжкість її перебігу. Використання сульфаніламідних препаратів у цей період не рекомендоване, оскільки воно може зумовити розвиток лейкопенії [1,7,9,11,20,23,24].

За вираженого геморагічного синдрому (період розпалу хвороби) застосовують антигеморагічні засоби, що знижують проникність судинної стінки, активують процеси згортання та впливають на склад крові. Для цього використовують аскорбінову кислоту, кальцію хлорид, вітамін К (вікасол), амінокапронову кислоту. Додатково встановлено позитивний ефект від застосування екстракту кропиви при геморагічних проявів у травному каналі.

У *другий (прихований)* період променевої хвороби, поряд із забезпеченням фізіологічного спокою та належних умов утримання, проводять переливання невеликих доз ізогрупної крові або кровозамінників (один раз на 3–5 діб), а також призначають антигістамінні та антигеморагічні засоби. Широко застосовуються вітаміни С і Р, що підвищують міцність судинної стінки. Наприкінці цього періоду починають використовувати препарати, які стимулюють функцію органів кровотворення.

У *період розпалу хвороби* терапевтичні заходи спрямовані на стимуляцію гемопоєзу, контроль кровоточивості та профілактику інфекційних ускладнень. Як гемопоетичні препарати застосовують натрію нуклеїнат (перорально), фолієву кислоту, вітамін В₁₂, лейкоген (внутрішньом'язово). При розвитку анемії призначають антианемічні засоби. Для корекції геморагічних явищ додатково використовують препарати вітаміну К (вікасол, метіонін), а також свіжу запарену кропиву або її екстракти. З метою детоксикації та корекції дегідратації проводять внутрішньовенні інфузії великих об'ємів гіпертонічного розчину глюкози з аскорбіновою кислотою [1,7,9,11,20,23,24].

Зважаючи на часте виникнення інфекційних ускладнень у дихальних шляхах і кишечнику внаслідок пригнічення імунологічної реактивності, показане інтенсивне застосування антибіотиків. Додатково використовують кардіотонічні препарати та засоби для нормалізації травлення.

У цей період спостерігається значне зниження апетиту або повна відмова від корму, тому годівля потребує особливої уваги. До раціону включають зелену траву, пророщене зерно, дріжджові корми, пропарене зернофуражне зерно, моркву, буряк, високоякісне сіно, а також хвоєне борошно (200–300 г у суміші з кормом).

У *четвертому, відновлювальному*, періоді продовжують застосування стимуляторів кровотворення, а залежно від клінічних показань — симптоматичних засобів. По мірі одужання та зникнення патологічних проявів терапію поступово припиняють [1,7,9,11,20,23,24].

Видові особливості клінічної картини гострої променевої хвороби у сільськогосподарських тварин.

Велика рогата худоба. Під час першої стадії гострої променевої хвороби у тварин даного виду спостерігається зниження апетиту, апатія, тимчасове підвищення температури, порушення моторики рубця, метеоризм, кал з домішками крові, порушення серцево-судинної діяльності. Під час третьої стадії спостерігається виражена лейкопенія, анемія, крововиливи на слизових оболонках, зниження надоїв, аборти у тільних корів, можливий розвиток маститів, ендометритів. Часто тварини гинуть через розвиток сепсису [7-11, 24-27].

Свині. На відміну від інших сільськогосподарських тварин, свині характеризуються відносно високою резистентністю, проте для них більш типовий геморагічний синдром – шкірні крововиливи та масивні ураження судинної системи. Також у свиней гостра променева хвороба супроводжується загальним пригніченням, блювотою, проносом, судомами, набряком легень, порушенням координації рухів, втратою ваги, зниженням приростів та ранніми абортами [7-11, 15, 18, 28-30].

Дрібна рогата худоба. Основні ознаки гострої променевої хвороби даних тварин: слабкість, тремор, зниження лактації, випадіння вовни. Відзначаються запалення слизової оболонки носа та очей, підвищення температури тіла [7-11, 19, 25].

Коні. Тварини даного виду мають помірну чутливість до іонізуючого випромінювання. Найчутливішими є лошата до 1 року, а також вагітні кобили. Гостра променева хвороба у коней проявляється при однократному високодозовому опроміненні (понад 2–3 Гр). У тварин спостерігається пригнічення, зниження апетиту, короткочасна діарея, тахікардія, кровотечі (з носа та рота), зниження температури тіла, абсцеси, дерматити. У загальному аналізі крові виявляється анемія та лейкопенія. Для коней характерні манежні рухи, намагання йти вперед [1, 7-11, 29].

Птиця (кури, індики, качки) має високу чутливість до радіації у порівнянні з іншими видами сільськогосподарських тварин. У птиці спостерігається загальне пригнічення, зниження несучості, посмикування голови, крововиливи у внутрішніх органах, набряк і синюшність борідки та гробеня, витікання з ніздрів, проноси, пір'я випадає плямами. Летальність серед молодняка птиці сягає 70% при дозах більше ніж 2 Гр [7-11 24].

Якщо тварини або птиця виживають протягом місяця після ураження, зазвичай розпочинається поступове відновлення організму. Водночас незбалансоване харчування, незадовільні умови утримання чи супутні захворювання можуть спричинити повторне загострення хвороби [1, 13-18].

Патологічні зміни за променевої хвороби тварин. Для верифікації патологоанатомічного діагнозу у період розпалу променевої хвороби необхідно враховувати сукупність характерних морфологічних змін, які являють для загинувших тварин типову картину масивних судинних і деструктивних патологій.

Загальні патологічні ознаки: блідість слизових оболонок, множинні крововиливи різних розмірів і форм у шкірі, підшкірній клітковині та внутрішніх органах; випадіння шерстного покриву, численні геморагії у всіх шарах серцевого м'яза, печінці та кишечнику; набряковість і в'ялість паренхіматозних органів з нерівномірною забарвленістю.

Мікроморфологічні зміни: некробіотичні та деструктивні процеси, локалізовані переважно у вогнищах крововиливів; гостра аплазія кісткового мозку; осередкові некрози у паренхіматозних органах; геморагічне запалення легень; дегенеративні зміни у тканинах статевих залоз (загибель сперматогенного епітелію в сім'яниках, атрофія та загибель дозріваючих фолікулів у яєчниках); судинні порушення і дистрофічні зміни в ендокринних залозах.

Кістковий мозок: різке зниження кількості клітинних елементів.

Селезінка: зморщена, з відсутніми фолікулами, що різко переходять у трабекули.

Лімфатичні вузли: збільшені, м'які на дотик, на розтині — темно-червоного кольору.

Слизові оболонки ротової порожнини, шлунка та кишечнику: ділянки некрозу з сірим фібринозним нальотом, інколи — глибокі виразки з ознаками некротичних змін. Мигдалики набряклі, виразковані, інтенсивно червоного кольору.

Легені: бронхоектатичні вогнища, некроз бронхіальних стінок і прилеглих альвеол з накопиченням ексудату.

Нирки: згладженість меж між кірковим і мозковим шарами нирок;

Видові особливості патологоанатомічних змін:

Велика рогата худоба: некрози та масивні крововиливи у міокарді, бронхах, легенях, травному каналі та селезінці; набряк легень; катаральна пневмонія; атрофія лімфоїдної тканини; виразки слизової оболонки шлунково-кишкового тракту.

Кони: виражене трупне залякання; механічні пошкодження шкіри; геморагічний діатез; згорнута кров; розширене серце; дряблий міокард з виглядом «вареного м'яса»; геморагічна пневмонія.

Свині: згорнута кров; збільшені лімфатичні вузли; дихальні шляхи заповнені пінистою рожевою рідиною; серце розширене; селезінка зменшена; жовчний міхур переповнений густою, в'язкою, темно-зеленою жовчю; у травному каналі відзначається дефіцит кормових мас і хімусу, численні крововиливи на стінках; брижові лімфовузли збільшені, темно-червоного кольору.

Діагностика променевої хвороби повинна базуватися на комплексному підході: врахуванні анамнестичних даних, результатів дозиметрії, клінічних проявів, а також гематологічних і лабораторних досліджень.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В умовах воєнних дій на території України зростає ймовірність виникнення радіаційних загроз,

які становлять небезпеку не лише для населення, але й для сільськогосподарських тварин. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває підвищення рівня професійної обізнаності лікарів ветеринарної медицини щодо патогенезу променевої хвороби, сучасних методів її діагностики, лікування та заходів профілактики.

Список використаної літератури

1. Слободюк, Н. М. (2022). Зброя масового ураження та її вплив на тварин. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Ветеринарні науки*, 24(108), 187–191. <https://surl.li/dbblcs>
2. Ivanets, M., Hordiienko, A., & Horielyshev, S. (2023). Аналіз джерел надзвичайних ситуацій воєнного характеру та їх наслідків. *Honor and Law*, 1(84), 36–43. <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2023/1/84/276810>
3. Скрипка, Г., Найдич, О., Півень, О., Пшиченко, В., & Данкевич, Н. (2025). Моніторинг рівню радіаційного фону на ринках м. Одеси. *Аграрний вісник Причорномор'я*, (114), 58–70. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.114.06>
4. Кос'янчук, Н. І. (2013). Основні поняття добробуту тварин та нормативно-правові акти. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*, 15(1(4)), 88–92.
5. Мальцева, К., Клеєвська, В., & Кручина, В. (2022, October). Можливі наслідки застосування ядерної зброї. *Actual scientific research in the modern world*, 10(90, Part 1), 192–196.
6. Boichak, M. P. (2020). Acute radiation disease: Contribution of Ukrainian scientists (notice one). *Ukrainian Military-Medical Academy*, 4(1), 56–72. [https://doi.org/10.46847/ujmm.2020.4\(1\)-056](https://doi.org/10.46847/ujmm.2020.4(1)-056)
7. Туніковська, Л. Г., & Харламова, Т. С. (2020, May 20–22). Вплив радіації на сільськогосподарських тварин. In *The 9th International scientific and practical conference "Perspectives of world science and education"* (pp. 948–957). CPN Publishing Group.
8. Гудков, І. М. (2017). *Сільськогосподарська радіоекологія: підручник*. Київ.
9. Ходєєв, Н. П. (2021, April 26). Наслідки Чорнобиля у тваринному та рослинному світі. In *День пам'яті Чорнобильської трагедії: зб. матеріалів круглого столу* (pp. 45–47). Харків. <https://surl.li/xhksdc>
10. Почерняєва, В. Ф., та ін. (2021). *Радіаційна медицина: підручник*. Львів. <https://surl.li/hgdegb>
11. Туманська, Н. В., та ін. (2018). *Гостра променева хвороба: навчальний посібник для студентів*. Запоріжжя.
12. Бейгул, І. О. (2020). Негативний вплив радіоактивного випромінювання на здоров'я людини. In *Біологічні, медичні та науково-педагогічні аспекти здоров'я людини: зб. матеріалів Міжнародної наук.-практ. конф.* (pp. 139–140). Полтава: Астроя. <https://surl.li/kaobas>
13. Лозова, Д. Р., & Яєчник, Р. В. (2022). Вплив радіації на організм людини. In *Охорона праці: освіта і практика. Проблеми та перспективи розвитку*

- охорони праці: Зб. наук. праць конференцій (pp. 110–111). Львів: ЛДУ БЖД.
<https://surl.li/ewxshp>
- 14.Шелест, З. М., Корбут, М. Б., Герасимчук, О. Л., & Кальчук, С. В. (2023). Оцінка радіаційного фону в житлових приміщеннях, зумовленого техногенно підсиленими джерелами природного походження. *Технічна інженерія*, 1(91), 398–406. [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-398-406](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-398-406)
- 15.Пацева, І. Г., Алпатова, О. М., Демчук, Л. І., Кірейцева, Г. В., & Левицький, В. Г. (2022). Сучасний стан навколишнього природного середовища в умовах впливу війни. *Екологічні науки*, 4(43), 19–22. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.3>
- 16.Piven, O. T., Khimych, M. S., Salata, V. Z., Gutyj, B. V., Naidich, O. V., Skrypka, H. A., & Rud, V. O. (2020). Contmination of heavy metals and radionuclides in the honey with different production origin. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 405–409. https://doi.org/10.15421/2020_117
- 17.Вітько, В., & Хабарова, Г. (2021). Радіаційний вплив АЕС України та Європи на кордоні. In *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVII Міжнародної наук.-практ. конф.* (pp. 85–93). Харків: Стиль-Іздат. <https://surl.li/bxmwyg>
- 18.Польшиков, І. О., & Панчева, Г. М. (2022). Захист від іонізуючих випромінювань. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*, 256. <https://surl.li/ldrvtg>
- 19.Лідовський, С. Г., & Петренко, К. Л. (2021). Радіоактивне випромінювання. Види розпаду. In *Зб. наук. праць Всеукраїнської наук. студ. конф. «Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення»* (pp. 145–147). Харків. <https://surl.li/ilwmam>
- 20.Arnautou, P., Garnier, G., Maillot, J., Konopacki, J., Brachet, M., Bonnin, A., & Malfuson, J. V. (2024). Management of acute radiation syndrome. *Transfusion Clinique et Biologique*, 31(4), 253–259. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2024.07.002>
- 21.Dainiak, N., & Albanese, J. (2022). Medical management of acute radiation syndrome. *Journal of Radiological Protection*, 42(3), 031002. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ac7d18>
- 22.Tanigawa, K. (2021). Case review of severe acute radiation syndrome from whole body exposure: Concepts of radiation-induced multi-organ dysfunction and failure. *Journal of Radiation Research*, 62(Suppl_1), i15–i20. <https://doi.org/10.1093/jrr/rraa121>
- 23.Snezhkova, E., Rodionova, N., Bilko, D., Silvestre-Albero, J., Sydorenko, A., Yurchenko, O., & Nikolaev, V. (2021). Orally administered activated charcoal as a medical countermeasure for acute radiation syndrome in rats. *Applied Sciences*, 11(7), 3174. <https://doi.org/10.3390/app11073174>
- 24.Yang, J. K., Xing, S., Shen, X., Wang, X., Jiang, Y., Zhang, X. W., & Yu, Z. Y. (2022). Therapeutic Effect of Single Intramuscular Administration of Recombinant Human Thrombopoietin on Rhesus Monkeys with Acute radiation

- Sickness. *Zhongguo shi yan xue ye xue za zhi*, 30(6), 1887–1892.
<https://doi.org/10.19746/j.cnki.issn.1009-2137.2022.06.041>
25. Stenke, L., Hedman, C., Lindberg, M. L., Lindberg, K., & Valentin, J. (2022). The acute radiation syndrome—Need for updated medical guidelines. *Journal of Radiological Protection*, 42(1), 014004. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ac4ac6>
26. Luan, H., Xing, S., Yang, J. K., Wang, Y. M., Zhang, X. W., Qiao, Z. Z., ... & Yu, Z. Y. (2023). Effect of Recombinant Human Thrombopoietin (rhTPO) on Long-term Hematopoietic Recovery in Mice with Acute Radiation Sickness and Relative Mechanism. *Zhongguo shi yan xue ye xue za zhi*, 31(2), 546–552.
<https://doi.org/10.19746/j.cnki.issn.1009-2137.2023.02.034>
27. Lazarus, H. M., McManus, J., & Gale, R. P. (2022). Sargramostim in acute radiation syndrome. *Expert Opinion on Biological Therapy*, 22(11), 1345–1352.
<https://doi.org/10.1080/14712598.2022.2143261>
28. Kaur, A. (2023, January). Acute radiation effect on major organ systems. In *Proceedings of the seventh annual conference of Nuclear Medicine Physicists Association of India: abstract book* (pp. 9–10).
29. Talapko, J., Talapko, D., Katalinić, D., Kotris, I., Erić, I., Belić, D., & Škrlec, I. (2024). Health effects of ionizing radiation on the human body. *Medicina*, 60(4), 653. <https://doi.org/10.3390/medicina60040653>
30. Farese, A. M., Drouet, M., Herodin, F., Bertho, J. M., Thrall, K. D., Authier, S., & MacVittie, T. J. (2021). Acute radiation effects, the H-ARS in the non-human primate: A review and new data for the cynomolgus macaque with reference to the rhesus macaque. *Health Physics*, 121(4), 304–330.
<https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001442>

Halyna Skrypka,

PhD, Assistant Professor of the Department of Infectious Pathology,
Biosafety and Veterinary and Sanitary Inspection
named after Professor V.Ya. Atamas,
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-3326-7604
e-mail: ludskayaya@gmail.com

Olga Naidich,

PhD, Associate Professor of the Department of
Veterinary Medicine and Hygiene,
Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-1016-5891
e-mail: olia_naidich@ukr.net

Valentyna Yasko,

PhD, Associate Professor of the Department of Technology
of Production and Processing of Livestock Products,
Odesa State Agrarian University,
Educational and Scientific Institute of Biotechnology
and Aquaculture, Odesa, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-6438-0204
e-mail: valentinayasko2207@gmail.com

Anastasia Volchkova,

4th year student of the second (master's) level of education in the specialty
"Veterinary Hygiene, Sanitation and Expertise",
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID: 0009-0007-2104-9101
email: vvol4kova@gmail.com

ACUTE RADIATION SICKNESS IN FARM ANIMALS

Abstract

At the present stage, there is a high probability of an increase in the number of radiation incidents and technogenic and ecological disasters as a result of military operations in Ukraine. The use of nuclear weapons is accompanied by large-scale radioactive contamination of the environment and the formation of radiation sickness not only in humans but also in animals. In this regard, the proper level of professional awareness of veterinary doctors regarding the mechanisms of action of radionuclides on the body of farm animals, the pathogenesis of radiation sickness, as well as modern methods of its diagnosis, treatment and prevention is of particular importance. Radiation sickness (radiation syndrome) is a complex pathology that occurs as a result of exposure to ionizing radiation in doses capable of causing acute or chronic tissue damage. This nosological unit is characterized by systemic morphofunctional disorders that are caused by the destruction of cellular structures, suppression of hematopoiesis and the body's immune response. The main sources of radioactive contamination in the epicenter of a nuclear explosion are the decay products of nuclear fuel, unreacted charge particles, and radioactive isotopes formed in the soil and building materials under the influence of neutron irradiation. Humans and animals can be affected both as a result of external irradiation and through the internal intake of radionuclides with contaminated water, feed or air. In severe cases, this leads to the development of radiation sickness with a high probability of fatal consequences. Given the increased level of radiation danger in conditions of military operations, farm animals, along with people, are in a zone of significant risk. This necessitates the need for in-depth training of veterinary specialists in the field of radiobiology and radiation medicine. The article analyzes the key factors that determine the course of radiation sickness in animals, highlights the mechanisms of pathological changes, describes the clinical stages of the disease in different animal species, and summarizes modern approaches to its diagnosis, therapy, and prevention.

Keywords: acute radiation sickness, farm animals, ionizing radiation, veterinary radiobiology

References

1. Slobodyuk, N. M. (2022). Zbroia masovoho urazhennia ta yii vplyv na tvaryn. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho. Serii: Vetrynarni nauky*, 24(108), 187–191. <https://surl.li/dbblcs>
2. Ivanets, M., Hordiienko, A., & Horielyshev, S. (2023). Analiz dzherel nadzvychainykh sytuatsii voiennoho kharakteru ta yikh naslidkiv. *Honor and Law*, 1(84), 36–43. <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2023/1/84/276810>
3. Skrypka, H., Naidych, O., Piven, O., Pshychenko, V., & Dankevych, N. (2025). Monitorynh rivniu radiatsiinoho fonu na rynkakh m. Odesy. *Ahrarnyi visnyk Prychornomor'ia*, (114), 58–70. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.114.06>
4. Kos'ianchuk, N. I. (2013). Osnovni poniattia dobrobutu tvaryn ta normatyvno-pravovi akty. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho*, 15(1(4)), 88–92.
5. Maltseva, K., Kleeievska, V., & Kruchyna, V. (2022, October). Mozhlyvi naslidky zastosuvannia yadernoi zbroi. *Actual scientific research in the modern world*, 10(90, Part 1), 192–196.
6. Boichak, M. P. (2020). Acute radiation disease: Contribution of Ukrainian scientists (notice one). *Ukrainian Military-Medical Academy*, 4(1), 56–72. [https://doi.org/10.46847/ujmm.2020.4\(1\)-056](https://doi.org/10.46847/ujmm.2020.4(1)-056)
7. Tunikovska, L. H., & Kharlamova, T. S. (2020, May 20–22). Vplyv radiatsii na silskohospodarskykh tvaryn. In *The 9th International scientific and practical conference "Perspectives of world science and education"* (pp. 948–957). CPN Publishing Group.
8. Hudkov, I. M. (2017). *Silskohospodarska radioekolohiia: pidruchnyk*. Kyiv.
9. Khodieiev, N. P. (2021, April 26). Naslidky Chornobyliā u tvarynnomu ta roslynnomu sviti. In *Den pamiaty Chornobyl'skoi trahedii: zb. materialiv kruhloho stolu* (pp. 45–47). Kharkiv. <https://surl.li/xhksdc>
10. Pocherniaieva, V. F., et al. (2021). *Radiatsiina medytsyna: pidruchnyk*. Lviv. <https://surl.li/hgdegb>
11. Tumanska, N. V., et al. (2018). *Hostra promeneva khvoroba: navchalnyi posibnyk dlia studentiv*. Zaporizhzhia.
12. Beihul, I. O. (2020). Nehatyvnyi vplyv radioaktyvnoho vyprominiuvannia na zdorovia liudyny. In *Biolohichni, medychni ta naukovo-pedahohichni aspekty zdorovia liudyny: zb. materialiv Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* (pp. 139–140). Poltava: Astraia. <https://surl.li/kaoabs>
13. Lozova, D. R., & Yaiechnyk, R. V. (2022). Vplyv radiatsii na orhanizm liudyny. In *Okhorona pratsi: osvita i praktyka. Problemy ta perspektyvy rozvytku okhorony pratsi: Zb. nauk. prats konferentsii* (pp. 110–111). Lviv: LDU BZhD. <https://surl.li/ewxshp>
14. Shelest, Z. M., Korbut, M. B., Herasymchuk, O. L., & Kalchuk, S. V. (2023). Otsinka radiatsiinoho fonu v zhytlovykh prymishchenniakh, zumovlenoho tekhnohenko pidsylenymy dzherelamy pryrodnoho pokhodzhennia. *Tekhnichna inzheneriia*, 1(91), 398–406. [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-398-406](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-398-406)

15. Patseva, I. H., Alpatova, O. M., Demchuk, L. I., Kireitseva, H. V., & Levytskyi, V. H. (2022). Suchasnyi stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v umovakh vplyvu viiny. *Ekolohichni nauky*, 4(43), 19–22. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.3>
16. Piven, O. T., Khimych, M. S., Salata, V. Z., Gutyj, B. V., Naidich, O. V., Skrypka, H. A., & Rud, V. O. (2020). Contmination of heavy metals and radionuclides in the honey with different production origin. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 405–409. https://doi.org/10.15421/2020_117
17. Vitko, V., & Khabarova, H. (2021). Radiatsiinyi vplyv AES Ukrainy ta Yevropy na kordoni. In *Ekolohichna bezpeka: problemy i shliakhy vyrishennia: zb. nauk. statei XVII Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* (pp. 85–93). Kharkiv: Styl-Izdat. <https://surl.li/bxmwyg>
18. Polishchikov, I. O., & Pancheva, H. M. (2022). Zakhyst vid ionizuiuchykh vyprominiuvan. In *Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia* (p. 256). <https://surl.li/ldrvtg>
19. Lidovskyi, S. H., & Petrenko, K. L. (2021). Radioaktywne vyprominiuvannia. Vydy rozpadu. In *Zb. nauk. prats Vseukrainskoi nauk. stud. konf. "Aktualni problemy fizyky ta yikh informatsiine zabezpechennia"* (pp. 145–147). Kharkiv. <https://surl.li/ilwmam>
20. Arnautou, P., Garnier, G., Maillot, J., Konopacki, J., Brachet, M., Bonnin, A., & Malfuson, J. V. (2024). Management of acute radiation syndrome. *Transfusion Clinique et Biologique*, 31(4), 253–259. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2024.07.002>
21. Dainiak, N., & Albanese, J. (2022). Medical management of acute radiation syndrome. *Journal of Radiological Protection*, 42(3), 031002. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ac7d18>
22. Tanigawa, K. (2021). Case review of severe acute radiation syndrome from whole body exposure: Concepts of radiation-induced multi-organ dysfunction and failure. *Journal of Radiation Research*, 62(Supplement_1), i15–i20. <https://doi.org/10.1093/jrr/rra121>
23. Snezhkova, E., Rodionova, N., Bilko, D., Silvestre-Albero, J., Sydorenko, A., Yurchenko, O., & Nikolaev, V. (2021). Orally administered activated charcoal as a medical countermeasure for acute radiation syndrome in rats. *Applied Sciences*, 11(7), 3174. <https://doi.org/10.3390/app11073174>
24. Yang, J. K., Xing, S., Shen, X., Wang, X., Jiang, Y., Zhang, X. W., & Yu, Z. Y. (2022). Therapeutic effect of single intramuscular administration of recombinant human thrombopoietin on rhesus monkeys with acute radiation sickness. *Zhongguo shi yan xue ye xue za zhi*, 30(6), 1887–1892. <https://doi.org/10.19746/j.cnki.issn.1009-2137.2022.06.041>
25. Stenke, L., Hedman, C., Lindberg, M. L., Lindberg, K., & Valentin, J. (2022). The acute radiation syndrome—Need for updated medical guidelines. *Journal of Radiological Protection*, 42(1), 014004. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ac4ac6>

- 26.Luan, H., Xing, S., Yang, J. K., Wang, Y. M., Zhang, X. W., Qiao, Z. Z., ... & Yu, Z. Y. (2023). Effect of recombinant human thrombopoietin (rhTPO) on long-term hematopoietic recovery in mice with acute radiation sickness and relative mechanism. *Zhongguo shi yan xue ye xue za zhi*, 31(2), 546–552. <https://doi.org/10.19746/j.cnki.issn.1009-2137.2023.02.034>
- 27.Lazarus, H. M., McManus, J., & Gale, R. P. (2022). Sargramostim in acute radiation syndrome. *Expert Opinion on Biological Therapy*, 22(11), 1345–1352. <https://doi.org/10.1080/14712598.2022.2143261>
- 28.Kaur, A. (2023, January). Acute radiation effect on major organ systems. In *Proceedings of the seventh annual conference of Nuclear Medicine Physicists Association of India—An irresistible rise post pandemic, commitment to excellence: abstract book* (pp. 9–10). <https://surl.lu/dlubvt>
- 29.Talapko, J., Talapko, D., Katalinić, D., Kotris, I., Erić, I., Belić, D., & Škrlec, I. (2024). Health effects of ionizing radiation on the human body. *Medicina*, 60(4), 653. <https://doi.org/10.3390/medicina60040653>
- 30.Farese, A. M., Drouet, M., Herodin, F., Bertho, J. M., Thrall, K. D., Authier, S., & MacVittie, T. J. (2021). Acute radiation effects, the H-ARS in the non-human primate: A review and new data for the cynomolgus macaque with reference to the rhesus macaque. *Health Physics*, 121(4), 304–330. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001442>

Стаття надійшла до редакції 07 липня 2025 року.

Стаття пройшла рецензування 29 серпня 2025 року.

Стаття опублікована 30 вересня 2025 року.