

УДК 623.454.835



Г. Б. Гишко



О. В. Колмогоров



Є. П. Ковалевський

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БАЛІСТИЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ЗОРУ В УМОВАХ ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Надано пропозиції щодо захисту особового складу в умовах радіоактивного забруднення (зараження) місцевості та впливу іонізуючого випромінювання (альфа- і бета-) шляхом використання сучасних елементів екіпірування військовослужбовців. Сформульовано пропозиції, які можуть знайти відображення у настановах та алгоритмах дій в умовах впливу на особовий склад іонізуючих випромінювань та у програмах зі створення комплексу бойового екіпірування військовослужбовця Збройних Сил України.

Ключові слова: засоби індивідуального захисту, іонізуюче випромінювання, променева катаракта, кришталік ока, екіпірування, окуляри-маска захисні балістичні.

Постановка проблеми. На сучасному етапі засоби індивідуального захисту, якими забезпечено особовий склад Збройних Сил (ЗС) України за номенклатурою озброєння радіаційного, хімічного, біологічного (РХБ) захисту, не забезпечують захист органів зору від іонізуючих випромінювань, а саме від (альфа- і бета-) частинок, що відбуваються в умовах радіоактивного забруднення (зараження) місцевості, а також від впливу факторів, які можуть виникнути внаслідок руйнувань (аварій) на радіаційно-небезпечних об'єктах (РНО) та у місцях збереження і використання джерел іонізуючих випромінювань.

Викликає занепокоєння той факт, що в умовах запровадження сучасних зразків екіпірування не передбачається захист військовослужбовця від впливу іонізуючого випромінювання, а саме захист органів зору з метою недопущення виникнення променевої катаракти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній спеціальній літературі, яка призначена для військових фахівців, неповно розкриті основоположні поняття про іонізуючі випромінювання, а саме корпускулярні альфа- та бета-випромінювання, а також приділено недостатньо уваги їхньому впливу на органи зору. Цей аспект є важливим для оцінювання ступеня радіаційного ураження людини, яка виконує бойове завдання в умовах

© Г. Б. Гишко, О. В. Колмогоров, Є. П. Ковалевський, 2020

радіоактивного забруднення (зараження) місцевості.

Аналіз наявних засобів індивідуального захисту провідних країн світу [1], Концепції створення комплексу бойового екіпірування військовослужбовця Збройних Сил України [2] та існуючого стану екіпірування військовослужбовців ЗС України засвідчив, що вони не повною мірою відповідають вимогам сучасної збройної боротьби і не дають змогу якісно вирішувати завдання захисту військовослужбовця [3].

Суттєвим недоліком є те, що у документах, які регламентують порядок використання засобів індивідуального захисту за номенклатурою озброєння РХБ захисту, не визначено порядок і правила їх застосування у комплексі з іншими засобами, зокрема балістичного захисту.

Метою статті є, по-перше, аналіз можливих варіантів комплексного використання елементів екіпірування військовослужбовців в умовах радіоактивного забруднення (зараження) місцевості та вироблення пропозицій щодо змісту підготовки військовослужбовців до дій у зазначених умовах з урахуванням існуючого стану забезпечення особового складу; по-друге, – надання низки пропозицій, які можуть знайти відображення під час реалізації Програми створення комплексу бойового екіпірування військовослужбовця Збройних Сил України [2].

Виклад основного матеріалу. З моменту відкриття явища радіоактивності наприкінці XIX ст. людство накопичило великий досвід спостереження за впливом іонізуючого випромінювання на людину і живу тканину. Масштаб спостереження за людьми, що були уражені іонізуючими випромінюваннями, відображено у літературі, зокрема у [4], де докладно описані найважливіші радіаційні інциденти у світі. До них належать інциденти на радіоізотопних установках та джерелах іонізуючого випромінювання, промислових ядерних реакторах, атомних підводних човнах та під час ядерних випробувань. Найбільш значущими за своїми наслідками є техногенні аварії на ядерних об'єктах цивільного призначення: АЕС Три-Майл-Айленд у США (28.03.1979 р.), Чорнобильській АЕС у СРСР (26.04.1986 р.), АЕС Фукусіма в Японії (11.03.2011 р.), а також результати випробувань і застосування ядерної зброї у місті Лос-Аламос у США (16.07.1945 р.) й у містах Хіросіма та Нагасакі у Японії (06.08. та 09.08.1945 р.), які призвели до неконтрольованого викиду в навколишнє середовище радіонуклідів.

Накопичений дотепер досвід дає змогу зробити висновки про характер уражень організму людини іонізуючими випромінюваннями [4].

Важливою властивістю радіоактивності є іонізуюче випромінювання. Іонізуюче випромінювання – будь-яке випромінювання, взаємодія якого із середовищем призводить до утворення електричних зарядів різних знаків [5].

До іонізуючого випромінювання відносять електромагнітне випромінювання (гамма-випромінювання) та потоки заряджених і нейтральних частинок – корпускулярне випромінювання (альфа-, бета-випромінювання, а також нейтронне).

Альфа-випромінювання – це потік важких, позитивно заряджених частинок. Оскільки α -частинки важкі, то їх пробіг (наприклад з енергією 4 MeV) у речовині виявляється дуже коротким: у біологічній тканині – 31 мкм (0,031 мм); у повітрі – 2,5 – 8 см [5]. Таким чином, затримати ці частинки може звичайний аркуш паперу, і вони практично не здатні проникнути через зовнішній шар шкіряного покриву, який утворюється омертвілими клітинами. Саме тому α -випромінювання не є небезпечним доти, доки радіоактивні речовини, які випромінюють α -частинки, не потраплять усередину організму через органи дихання, з їжею або через відкриті

рани, обпечені ділянки шкіряного покриву. Ці речовини розносяться по тілу потоком крові, депонуються (накопичення та тривале зберігання) в органах, які відповідають за обмін речовин і захист організму (наприклад, селезінка або лімфатичні вузли), викликаючи, таким чином, внутрішнє опромінення організму. У зв'язку із цим військовослужбовці за сигналом оповіщення про радіоактивне забруднення (зараження) місцевості повинні в першу чергу захищати органи дихання та кишково-шлунковий тракт за допомогою респіраторів або ватно-марлевих пов'язок.

Бета-частинки значно менші, ніж альфа-частинки, і за енергією 4 MeV можуть проникати вглиб біологічної тканини на 2,6 см, а довжина пробігу в атмосферному повітрі складає 17,8 м [5]. Разом із цим вони легко затримуються тонким листом металу. Товщину захисних екранів від бета-випромінювання можна визначити за універсальними таблицями, а також номограмами відповідно до значень енергії бета-частинок, що опромінюють захисний шар.

Для захисту від бета-випромінювання застосовують матеріали з невеликим атомним номером (алюміній, плексиглас тощо), які знижують енергію гальмівного випромінювання. Для комплексного захисту від бета- та гальмівного гамма-випромінювання застосовують комбіновані двошарові та багат шарові екрани. При цьому з боку джерела випромінювання встановлюють екран з матеріалу, що має малу атомну масу, а за ним – екран з матеріалу з великою атомною масою (свинець, сталь та ін.) [5].

Як і джерела альфа-випромінювань, бета-активні радіонукліди більш небезпечні у випадку потрапляння всередину організму. Із цією метою можна використовувати засоби захисту (респіратори, пов'язки). Також дієвим є обмеження вживання води та продуктів харчування, які можуть бути зараженими.

Бета-випромінювання за своєю дією подібне до гамма-випромінювання – воно також вибиває електрони з атомів. Але у разі зовнішнього опромінення воно повністю поглинається шкірою і найближчими до шкіри тканинами, не доходячи до внутрішніх органів. Проте це призводить до того, що потік швидких електронів передає опроміненню тканинам значну енергію, що може спричинити променеві опіки або спровокувати, наприклад, катаракту.

Ступінь пошкодження при цьому залежить від тривалості опромінення, його інтенсивності та структури тканини. Особливо це небезпечно для відкритих ділянок тіла і слизових оболонок очей. Для захисту відкритих ділянок тіла людини і, зокрема, очей виникає потреба застосовувати захисні екрани.

У разі впливу бета-випромінювання на око людини найпершим вражається кришталік з розвитком у ньому променевої катаракти [4], що може призвести до втрати зору.

Для захисту від альфа- та бета-випромінювань достатньо використовувати скельця звичайних окулярів; для захисту від бета-випромінювання застосовують шар плексигласу товщиною 2,0 – 2,5 см; для захисту від гамма-променів придатне свинцеве скло з фосфатом вольфраму, від нейтронів – скельця з борсилікатом кадмію або фтористими сполуками [6].

Під час ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у зв'язку з недосконаліми на той час засобами захисту особовий склад, як не є дивним сьогодні, власноруч “виготовляв” засоби індивідуального захисту. Так, для захисту спинного мозку вирізали зі свинцю пластини товщиною 3 мм, робили свинцеві вставки.

Для захисту потиличної частини голови виготовляли свинцеві екрани, які кріпилися до головних уборів. Для захисту шкіри обличчя та очей від бета-випромінювання робили щитки з органічного скла [поліметилметакрилата (ПММА)] товщиною 5 мм [7]. Така товщина захисних щитків пояснюється бажанням забезпечити гарантований подвійний запас захисних властивостей органічного скла для послаблення впливу бета-випромінювання на очі людини.

Момент екіпірування особового складу перед виходом для виконання робіт з ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС відображено на рис. 1.

Крім зазначеного, до складу екіпірування входили: свинцева каска, респіратор Р-2, щитки (окуляри) на очі з органічного скла для захисту від бета-випромінювання, рентгенівський фартух, під яким знаходилася захисна пластина зі свинцю товщиною 1,6 мм, дві пари рукавиць – звичайні та просвинцьовані. Вага всього захисту становила від 25 кг до 30 кг.

Як видно з фотографії (рис. 1), питанням захисту очей під час ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС було приділено належну увагу.



Рис. 1. Екіпірування ліквідатора наслідків аварії на Чорнобильській АЕС (1986 р.)

Аналіз результатів наукових досліджень свідчить, що кришталік ока є найбільш радіочутливою тканиною організму. Під час порівняння радіочутливості різних тканин ока детектовані зміни кришталіка відзначаються у діапазоні доз 0,2 – 0,5 Гр, тоді як інші види очної патології в інших тканинах розвиваються у випадках гострого або фракціонованого (багаторазове опромінення з інтервалом від кількох годин до кількох діб) опромінення у діапазоні 5 – 20 Гр [8].

Дія радіації на око призводить до характерних змін у кришталіку, включаючи розвиток катаракти. На початковій стадії помутніння кришталіка зорові порушення зазвичай не розвиваються, але тяжкість таких явищ може прогресувати залежно від дозових навантажень і часу до таких порушень зору, за яких буде потрібне хірургічне втручання. Між латентним періодом розвитку таких змін і дозою опромінення існує зворотний зв'язок.

Незважаючи на наявний детальний опис розвитку радіаційної індукованої катаракти, все ще зберігаються значні невизначеності, пов'язані з дозовою залежністю розвитку радіаційної катаракти, що не може не турбувати фахівців з оцінювання ризику. Сучасні рекомендації з питань збереження зору ґрунтуються на ідеї про те, що катарактогенез є детермінованим процесом, який вимагає порогової дози для розвитку помутніння кришталіка. Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ) опублікувала величини порогових доз для помутнінь, що детектувалися, включаючи 5 Зв для хронічного опромінення і 0,5 – 2,0 Зв – для гострого. Згадана комісія подала такі величини порогових доз для порушень зору: 2 – 10 Зв при одноразовій короткочасній дії і більше 8 Зв – при протрагованому опроміненні, яке триває багато днів, місяців та років. Проте у своїх останніх рекомендаціях МКРЗ заявляє, що відповідно до даних проведеного нещодавно дослідження можна припускати, що кришталік ока може бути більш радіочутливим, ніж вважали раніше.

Дослідження кришталіка у осіб, які були опромінені у результаті аварії в Чорнобилі, дали можливість отримати цінні епідеміологічні дані про вплив тривалого опромінення у разі низьких доз такої самої магнітуди, що і в осіб, які постраждали від атомного бомбардування (Японія). Цей факт особливо важливий з огляду на те, що значний

обсяг даних, отриманих внаслідок експериментів на тваринах та обстеження людей, указує на те, що фракціонування дози випромінювань з низькою лінійною передачею енергії приводить до істотного зниження поширеності катаракти [8].

Дані, одержані в межах українсько-американського дослідження у Чорнобилі, додатково підтвердили припущення про більш низьку порогову дозу, що призводить до виникнення катаракти. У цьому дослідженні, яке проводилося через 12 та 14 років після аварії, досліджувався стан 8 607 ліквідаторів Чорнобильської АЕС, які безпосередньо прибирали радіоактивний матеріал після аварії. Під час дослідження застосовувався біомікроскопічний огляд ретельно відібраних осіб з докладним описом наслідків низькодозового опромінення. Хоча ці випромінювання не викликали втрати зору відразу, зміни в кришталіку серед відносно молоді вікової категорії (33 – 45 років) з низьким ризиком розвитку катаракти давали підстави припускати, що саме малі дози, отримані ліквідаторами, ініціювали процес розвитку передкатарактних змін у кришталіку ока [8]. Отже, не виникає жодних сумнівів щодо необхідності захисту очей.

Захист під час роботи з джерелами бета-випромінювання повинен передбачити: захист безпосередньо від бета-частинок і захист від гальмівного випромінювання, що виникає при гальмуванні бета-частинок у джерелі та у захисному екрані. У запропонованій статті захист від гальмівного випромінювання не розглядається.

Розрахунок захисту власне від бета-частинок не є складним у зв'язку з їх невеликими пробігами у середовищі, але саме наведений далі математичний апарат дає змогу визначити товщину захисного шару.

Проникна здатність електронів або бета-частинок визначається пробігом. Розрізняють три види пробігів електронів у речовині: максимальний R_{max} , середній R та екстрапольований (або практичний) $R_{екс}$.

Максимальний пробіг моноенергетичних електронів – мінімальна товщина шару речовини, за якої жоден з електронів, що падають нормально на поверхню, з неї не вилітає, залежить від енергії моноенергетичних електронів, максимальної енергії бета-спектра радіонуклідних джерел та природи поглинаючого матеріалу. Однозначно

експериментально визначити R_{\max} неможливо, тому на практиці екстраполюють лінійну частину кривої поглинання до осі абсцис, визначаючи, таким чином, екстрапольований пробіг електронів у речовині.

Середній пробіг (або просто пробіг) електронів у речовині визначається відповідно до моделі безперервного уповільнення за формулою [9]

$$\bar{R}(E_0) = \int_0^{E_0} \frac{dE}{(dE/dx)}, \quad (1)$$

де dE/dx – повні втрати енергії електронів.

Необхідно зазначити, що середній пробіг у середовищах з великим атомним номером (Z) не повною мірою відображує фізику процесів перенесення електронів.

Для бета-частинок крива поглинання має форму, наближену до експоненціальної, й асимптотично наближається до осі абсцис, перетинаючи її за деякої товщини R_{\max} , яка називається максимальним пробігом бета-частинок з граничною енергією E_β .

Для речовин з товщиною, менше максимального пробігу, послаблення щільності потоку бета-частинок наближено відповідає експоненціальному закону

$$\varphi = \varphi_0 \exp(-\mu_m d) = \varphi_0 \cdot \exp\left(-\frac{0,693d}{\Delta_{1/2}}\right), \quad (2)$$

де φ_0 – щільність потоку бета-частинок у точці детектування без захисту;

μ_m – масовий коефіцієнт поглинання електронів, $\text{см}^2/\text{г}$;

d – товщина поглиначу, $\text{г}/\text{см}^2$;

$\Delta_{1/2}$ – шар половинного послаблення (або $\mu_m = \frac{0,693d}{\Delta_{1/2}}$), $\text{г}/\text{см}^2$ (зазвичай визначається експериментально).

Залежність μ_m ($\text{см}^2/\text{г}$) від максимальної енергії бета-частинок E_β (MeV) можна наближено апроксимувати за формулою

$$\mu \approx 15,5E_\beta^{-1,41} \approx 17E_\beta^{-1,43} \approx 22E_\beta^{-1,33}. \quad (3)$$

У такому випадку товщина захисного шару становить

$$d = \left(\frac{\Delta_{1/2}}{0,693}\right) \cdot \ln \frac{\varphi_0}{\varphi} = \frac{1}{\varphi} \cdot \ln \frac{\varphi_0}{\varphi}. \quad (4)$$

Є кілька формул для розрахунку довжини пробігу.

1. Максимальний пробіг моноенергетичних електронів або бета-частинок можна прийняти таким, що дорівнює збільшеному на 30 % екстрапольованому пробігу моноенергетичних електронів або електронів з максимальною енергією у спектрі бета-частинок відповідно. Таке значення дає змогу отримати верхню оцінку максимального пробігу.

2. Екстрапольований пробіг $R_{\text{екс}}$ ($\text{г}/\text{см}^2$) моноенергетичних електронів у діапазоні енергій від 0,3 кеВ до 30 МеВ для матеріалів з атомними номерами від 5,3 (ефективний атомний номер для поліетилену) до 82 у разі нормального падіння може бути визначений за формулою

$$R_{\text{екс}} = a_1 \left[\frac{1}{a_2} \ln(1 + a_2 \alpha_0) - \frac{a_3 \alpha_0}{(1 + a_4 a_5 \alpha_0)} \right], \quad (5)$$

де $\alpha_0 = \frac{E_0}{m_0 c^2}$ (E_0 – енергія електрона, MeV;

$m_0 c^2 = 0,511$ – енергія спокою електрона, MeV);

$$a_1 = \frac{0,2335M}{Z^{1,209}};$$

$$a_2 = 1,78 \cdot 10^{-4} Z; \quad a_3 = 0,9891 - 3,01 \cdot 10^{-4} Z;$$

$$a_4 = 1,468 - 1,180 \cdot 10^{-2} Z;$$

$$a_5 = \frac{1,232}{Z^{0,109}}$$

(M – атомна маса, Z – атомний номер).

Максимальна похибка апроксимуючого співвідношення (5) буде становити: для $E_0 > 1$ MeV 4,5 %; для $E_0 < 1$ MeV 8,4 %.

Наведений математичний апарат дає змогу визначати товщину шару захисного екрана з урахуванням енергії електрона і властивостей речовини, з якої буде виготовлено екран. Декілька міліметрів захисного шару з алюмінію, плексигласу або органічного скла, а також обмундирування (одяг людини) повністю екранують потік бета-частинок.

Наразі військовослужбовці ЗС України та інших військових формувань не забезпечені спеціальними індивідуальними засобами захисту органів зору від впливу іонізуючих (корпускулярних) випромінювань. Для захисту очей згідно з діючими настановами застосовуються фільтрувальні протигазу, використання яких в умовах радіоактивного забруднення (зараження) місцевості та впливу іонізуючих випромінювань не завжди є виправданим. Використання фільтрувальних протигазів не передбачає тривалого

перебування в них і спричиняє зморення особового складу та зниження ступеня їх боєздатності.

Водночас з необхідністю захисту очей від впливу іонізуючих випромінювань є потреба їх захисту від інших шкідливих та небезпечних чинників (потоків повітря, пилу, сонячного світла тощо).

На сучасному етапі розвитку збройних сил питанням екіпірування військовослужбовців приділяється достатньо уваги. До складу існуючого екіпірування входить набір засобів, які за функціональними умовами можна об'єднати у п'ять систем:

1) система ураження (стрілецька зброя, засоби ближнього бою, піротехнічні засоби);

2) система захисту [засоби індивідуального балістичного (броньованого) захисту, засоби індивідуального захисту від уражаючих факторів зброї масового ураження і нелетальної зброї, засоби попередження про небезпеку];

3) система енергозабезпечення (зарядні пристрої, джерела живлення, засоби перетворення і передачі електроенергії, засоби контролю працездатності компонентів системи);

4) система управління (засоби зв'язку, засоби розвідки, засоби розпізнавання, засоби оброблення і відображення інформації, засоби орієнтування та навігації);

5) система життєзабезпечення [індивідуальне бойове спорядження (розвантажувальна система, налокітники та наколінники тощо), інженерні засоби, речове майно, продовольство, медичні засоби та

засоби моніторингу фізіологічного стану військовослужбовця].

Наведені системи призначені для забезпечення виконання бойових завдань. Оскільки предметом розгляду запропонованої статті є дії військовослужбовців в умовах радіоактивного забруднення (зараження) місцевості, інтерес викликає система захисту військовослужбовця від уражаючих факторів ядерної зброї та наслідків руйнувань (аварій) на радіаційно-небезпечних об'єктах у комплексі із засобами балістичного захисту.

Комплексність використання засобів захисту зумовлена можливістю одночасного впливу вражаючих факторів як звичайної зброї, так і іонізуючих випромінювань.

Основним завданням комплексного використання засобів екіпірування є підвищення бойової ефективності військовослужбовця у зазначених умовах [3].

Одним із елементів екіпірування, який був прийнятий на озброєння у 2015 р., є окуляри-маска захисні балістичні (ОМЗБ) "ТРЕВІКС".

Окуляри-маска захисні балістичні (рис. 2) призначені для використання у підрозділах ЗС України, інших військових формувань та правоохоронних органів для індивідуального захисту очей людини від осколків та уламків, що утворюються під час детонації вибухівки та інших вибухових пристроїв, а також для забезпечення захисту очей від різноманітних загроз штучного (лазер, тверді уламки чи бризки рідини) та природного походження (пісок, пил), включно із захистом від джерел ультрафіолетового випромінювання на довжинах хвиль коротше 313 нм та захистом від яскравого сонячного світла [10].

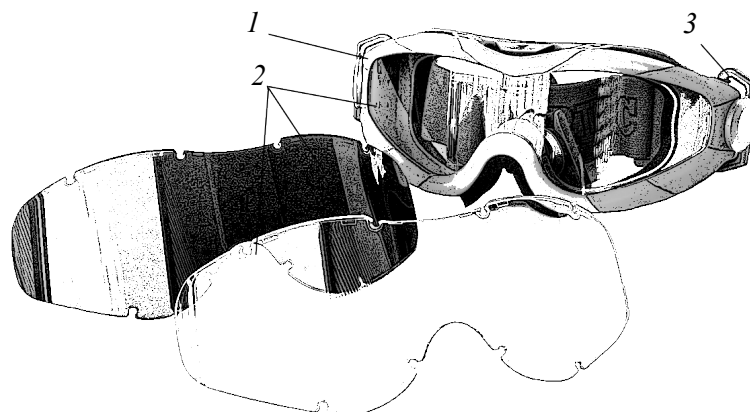


Рис. 2. Зовнішній вигляд ОМЗБ "ТРЕВІКС"

Окуляри-маска захисні балістичні виготовляються єдиного розміру і складаються з таких елементів:

– оправа 1 (суцільний елемент, що утримує лінзу і слугує основою для кріплення системи фіксації та наголовного ремня);

– змінна полікарбонатна лінза 2 товщиною від 2,4 мм до 3,2 мм, що забезпечує якісний захист очей;

– наголовний ремінь 3 (еластичний ремінь, забезпечує прилягання виробу до обличчя та фіксацію ОМЗБ на голові або шоломі), на якому розміщено противідблисковий чохол (для запобігання демаскуючого відблиску від лінзи у разі розміщення ОМЗБ зверху на шоломі та для захисту в такому положенні від піску, пилу й інших дрібних частинок, уламків).

Зважаючи на товщину змінних полікарбонатних лінз [10], результати досліджень, які наведені в літературі [5, 6], а також свідчення доктора технічних наук генерал-майора М. Д. Тараканова, який керував операцією з видалення високорадіоактивних елементів з особливо небезпечних зон Чорнобильської АЕС [7], можна сформулювати пропозиції щодо забезпечення захисту особового складу в умовах впливу іонізуючого (корпускулярного) випромінювання шляхом комплексного використання існуючих елементів екіпірування військовослужбовців, а саме окулярів-маски захисної балістичної.

На наше переконання, керівні документи, що регламентують діяльність особового складу із захисту під час підготовки до дій в умовах впливу іонізуючого випромінювання та в зонах радіоактивного забруднення (зараження) місцевості, потребують подальших доповнень й уточнень.

У діючих настановах та інструкціях не відображені питання захисту органів зору з метою недопущення виникнення променевої

катаракти кришталика ока як однієї зі складових частин променевої хвороби. Вирішення цієї проблеми стає можливим завдяки їх доповненню і безумовному виконанню з боку особового складу з обов'язковим використанням ОМЗБ у комплексі із засобами індивідуального захисту, що обліковуються за номенклатурою озброєння РХБ захисту (рис. 3).

Підтвердженням цієї вимоги стали нові дані, отримані за допомогою моделювання на тваринах та спостереження за опроміненими людьми, які дозволяють припускати, що помутніння кришталика відбувається при дозах, набагато нижчих за ті, які зазвичай вважають катарактогенними, причому ці спостереження підтверджують припущення про наявність лише одного низького порогу доз і навіть з відсутністю порогу. Нещодавно опубліковані спостереження [8] за хронічно опроміненими людьми припускають наявність довготривалого ризику розвитку катаракти і необхідність захисту очей навіть у разі низьких доз опромінення.

З урахуванням того, що всі національні та міжнародні стандарти стосовно ризику, пов'язаного з опроміненням очей, ґрунтуються на відносно високому порозі доз, який застосовується сьогодні, рекомендації щодо радіаційного захисту органу зору потребують перегляду. Так, оцінювання порогової дози гострого опромінення було проведено у спостереженнях за постраждалими від атомного бомбардування Хіросіми та Нагасакі. У результаті були визначені порогові дози в 0,1–0,7 Гр (з 90–95% довірчого інтервалу 0–0,8 Гр). Оцінка порогових доз для протрагованого опромінення була підрахована на основі даних про постраждалих у результаті Чорнобильської аварії. Ці дані варіюються в межах 0,34–0,50 Гр (з 95% довірчого інтервалу 0,17–0,69 Гр).



Рис. 3. Екіпірування військовослужбовця в умовах радіоактивного забруднення

Висновок

В умовах радіоактивного забруднення (зараження) місцевості пропонується здійснювати захист органів зору за допомогою окулярів-маски захисних балістичних, які завдяки своїй конструкції та властивостям матеріалів, з яких вони виготовлені, дають змогу не допустити:

1) потрапляння радіоактивних речовин на слизову оболонку очей та шкірний покрив навколо них, що значно полегшує проведення заходів з їх видалення під час проведення санітарної обробки;

2) виникнення основної патології кришталика ока (помутніння), яка на пізній стадії свого розвитку називається катарактою.

Напрямом подальших досліджень є розроблення керівних документів стосовно здійснення заходів в умовах радіаційного впливу та вдосконалення методики виконання заходів захисту особового складу.

Перелік джерел посилання

1. Бойова екіпіровка розробки та виробництва ЦНИИТОЧМАШ (засоби індивідуального захисту, ураження, управління, життєзабезпечення та енергозабезпечення тощо). URL: <http://www.tsniitochmash.ru/category/боевая-экипировка/> (дата звернення: 14.11.2019).

2. Про затвердження Концепції створення комплексу бойового екіпірування військовослужбовця Збройних Сил України : наказ Міністерства оборони України від 10.12.2014 р. № 876. Київ : МО України, 2014. 9 с.

3. Гишко Г. Б., Ткаченко М. В. Деякі погляди на комплексне використання елементів екіпірування військовослужбовців в умовах радіаційного, хімічного зараження. *Честь і закон*. 2018. № 2 (65). С. 57–60.

4. Галева Г. З., Рыжкин С. А., Сергеева С. Ю. Воздействие ионизирующего излучения на человека и орган зрения. *Практическая медицина*. 2016. Вып. 7 (99). С. 37–41.

5. Плачкова С. Г. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Кн. V. Функционирование энергетики в современном мире. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5> (дата звернення: 20.11.2019).

6. Кушелев В. П., Орлов Г. Г., Сорокин Н. Г. Охрана труда в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности : учебник для ВУЗов. Москва : Химия, 1983. 472 с.

7. Тараканов Н. Д. Чернобыльский спецназ. *Новая газета*. 2019. Вып. 61. С. 12–14.

8. Ранние и отдаленные эффекты облучения в нормальных тканях и органах – пороговые дозы для тканевых реакций в контексте радиационной защиты : отчет / Ф. А. Стюарт и др. *Труды Международной комиссии по радиологической защите* Челябинск : Книга, 2012. 383 с.

9. Числов Н. Н. Основы защиты от ионизирующих излучений : учеб. пособие. Томск : Изд-во ТПУ, 2013. 166 с.

10. Окуляри-маска захисні балістичні “ТРЕВІКС” : інструкція з використання та догляду. Харків : ХЗЗІЗ, 2017. 8 с.

Стаття надійшла до редакції 15.01.2020 р.

УДК 623.454.835

Г. Б. Гишко, А. В. Колмогоров, Е. П. Ковалевский

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ЗРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Приведены предложения по защите личного состава в условиях радиоактивного загрязнения (заражения) местности и воздействия ионизирующего излучения (альфа- и бета-) путем использования современных элементов экипировки военнослужащих. Сформулированы предложения, которые могут найти отражение в рекомендациях и алгоритмах действий в условиях воздействия на личный состав ионизирующих излучений и в программах по созданию комплекса боевой экипировки военнослужащих Вооруженных Сил Украины.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, ионизирующее излучение, лучевая катаракта, хрусталик глаза, экипировка, очки-маска защитные баллистические.

UDC 623.454.835

Н. Нышко, О. Колмогоров, Ye. Kovalevskyi

PROPOSALS FOR THE USE OF BALLISTIC MEANS OF PROTECTION OF ORGANS OF VISION UNDER CONDITIONS OF EXPOSURE TO IONIZING RADIATION

Basing on the analysis of modern specialized literature intended for military professionals, it is concluded that the basic concepts of alpha and beta radiation are insufficiently disclosed in it, as well as insufficient attention is paid to the effect of these radiation on human organs. This aspect is one of the important factors for assessing the degree of radiation damage a person performs a combat task under conditions of radioactive contamination.

The review of the existing personal protective equipment of military personnel of the leading countries of the world, the analysis of the concept of creation of a complex of military equipment of the Ukrainian Armed Forces and the existing state of equipment of the military personnel have allowed to conclude that they do not fully meet the requirements of modern military combat and do not allow military combat.

The paper presents a mathematical apparatus for determining the minimum layer thickness of a substance, in which none of the electrons that fall normally to the surface from it does not fly out and depends on the energy of monoenergetic electrons, the maximum energy of the beta spectrum of radionuclide sources and the nature of the absorbing material.

The paper provides examples of personnel protection organization involved in the Chernobyl disaster, provided that personal protective equipment was not perfected at that time.

Given the current state of service of military personnel, proposals are made to protect the organs of vision of personnel in the conditions of radioactive contamination (contamination) and the impact of ionizing radiation (alpha and beta) by using modern elements of equipment of military personnel, namely: eyeglasses and masks. Proposals are being formed that can be reflected in the guidelines and algorithms of action in the context of the impact on the personnel of ionizing radiation and programs for the creation of a combat equipment complex for the military of the Armed Forces of Ukraine.

***Keywords:** individual protection means, ionizing radiation, radiation cataract, lens, equipment, goggles-protective ballistic mask.*

Гишко Геннадій Борисович – кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри тактики та загальновійськових дисциплін Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

<https://orcid.org/0000-0002-2726-9152>

Колмогоров Олексій Володимирович – викладач кафедри тактики та загальновійськових дисциплін Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

<https://orcid.org/0000-0001-5702-9769>

Ковалевський Євген Петрович – старший викладач кафедри тактики Національної академії Національної гвардії України

<https://orcid.org/0000-0002-1597-6546>