

Міністерство освіти і науки України

Шифр: «Радіація».

**РОЗРОБКА НОВОГО ЗАХИСНОГО МАТЕРІАЛУ
ВІД ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.**

2018

ЗМІСТ:

Анотація	3
1. Загальні положення	5
2. Розрахунок насипної щільності	7
3. Розрахунок поглиненої дози, отриманої органами людини з використанням захисного матеріалу і без нього	10
Висновки	21
Література	22
Додатки.	23

Анотація.

Назва наукової роботи «Розробка нового захисного матеріалу від іонізуючого випромінювання».

Напрямок дослідження: радіаційна безпека.

Актуальність. Одне з основних завдань економічної політики будь-якої країни - забезпечити національну безпеку і підвищити якість життя людей. Одним з важливих показників якості життя людей є розвинена система безпеки життєдіяльності.

Радіаційний стан визначає умови проживання населення і можливість ведення будь-якої діяльності на радіоактивно забруднених територіях. У 2014 відповідно до Закону України від 28 грудня № 76-VIII "Про внесення змін та визнання такими, що втратили чинність, деякі законодавчі акти України», внесено зміни до статті 2 Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи», а саме виключено зону посиленого радіологічного контролю з переліку зон, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи (4 зона радіаційного забруднення). Це означає, що радіоактивними залишаються 1003 населених пункти (вісім областей) з 2293 населених пунктів (дванадцяти областей): Волинській - 166, Житомирській - 371, Київській - 122, Рівненській - 274, Сумської - 2, Черкаській - 4, Чернігівській - 63, Чернівецькій - 1. Найбільш радіаційно забрудненими залишаються Волинська, Житомирська, Київська, Рівненська і Чернігівська області, які потребують поглибленого дослідження проблеми радіаційної безпеки.

Якщо говорити про наше місто, то фахівці Державної установи «Харківський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» продовжують моніторити рівень радіації в Харкові. За даними моніторингових досліджень на 1 вересня 2017 року рівні зовнішнього гамма - випромінювання становлять 0,11 - 0,15 мкЗв / год, що не перевищує значень природного радіаційного фону характерного для території Харківської

області (0,3 мкЗв / год). І незважаючи на те, що такі дані трохи заспокоюють, не можна забувати про картину радіаційного забруднення, що склалася в інших областях. І це не може не турбувати.

Метою досліджень є розробка нового захисного матеріалу від іонізуючого випромінювання та визначення його нормативних параметрів для будівництва будівель в місцях з підвищеним рівнем іонізуючого випромінювання.

Об'єкт дослідження: Розробка нормативних параметрів захисного матеріалу для будівництва житлових будівель (об'єктів).

Предмет дослідження: застосування методу чисельного моделювання для розробки нормативних параметрів захисного матеріалу від впливу іонізуючого випромінювання.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що запропонований новий вид захисного матеріалу і, застосовуючи метод чисельного моделювання, розроблені його нормативні параметри з метою створення захисту людей, які знаходяться в умовах іонізуючого випромінювання.

Практична значимість роботи. Запропоновано новий матеріал для захисту від іонізуючих випромінювань. Отримано нормативні параметри даного матеріалу у вигляді залежностей ступеня зменшення поглинання енергії гамма-випромінювання органами людини від енергії. Крім того отримані залежності поглиненої організмом дози від товщини захисного матеріалу і від енергії для різних органів людського організму.

Наведені в роботі розрахунки використовуються в навчальному процесі ХНАДУ при проведенні практичних занять для оцінки радіаційної безпеки.

Представлена наукова робота складається з анотації, трьох розділів, висновків та переліку літератури. Робота виконана на 24 сторінках, містить 8 рисунків, 5 таблиць, 3 додатки.

Ключові слова: безпека життєдіяльності, радіаційна безпека, радіаційно-захисний матеріал.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.

Закон України про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1998, № 22, ст.115) спрямований на забезпечення захисту життя, здоров'я і майна людей від негативного впливу іонізуючого випромінювання, викликаного практичною діяльністю, а також у випадках радіаційних аварій, шляхом виконання запобіжних та рятувальних заходів і відшкодування шкоди. У законі сказано, що кожна людина, яка проживає або тимчасово перебуває на території України, має право на захист від впливу іонізуючого випромінювання. Це право забезпечується здійсненням комплексу заходів щодо запобігання впливу іонізуючого випромінювання на організм людини вище встановлених дозових меж опромінення, компенсацією за перевищення встановлених дозових меж опромінення і відшкодуванням шкоди, заподіяної в результаті впливу іонізуючого випромінювання [1].

А так як чорнобильська катастрофа створила надзвичайно небезпечну для здоров'я людей і навколишнього природного середовища радіаційну обстановку на значній території України і країна була оголошена зоною екологічної катастрофи, усунення наслідків якої залежало від законодавчого визначення правового режиму різних за ступенем радіоактивного забруднення територій і заходів щодо його забезпечення, то розробка останніх є як і раніше дуже актуальною.

Одним з найбільш небезпечних і поширених вражаючих факторів, що згубно впливають на людину є іонізуючі випромінювання.

Поняття «іонізуюче випромінювання» об'єднує різноманітні види, різні за своєю природою випромінювання. Подоба їх полягає в тому, що всі вони відрізняються високою енергією, мають властивість іонізувати і руйнувати біологічні об'єкти.

Іонізуючим випромінюванням (радіацією) називають таке випромінювання, яке під час взаємодії з речовиною викликає іонізацію середовища і створює в ній атоми, молекули і іони.

Людина стикається у своєму житті з такими видами іонізуючих випромінювань, як фотонне і корпускулярне. До фотонного випромінювання відносять електромагнітні коливання (це рентгенівське і гамма-випромінювання), до корпускулярного - потік частинок (альфа-, бета-, нейтронне випромінювання).

Найбільш проникаючими і небезпечними є нейтронне і фотонне випромінювання. Але зупинимося на фотонному, яким є рентгенівське і гамма-випромінювання (γ-випромінювання). Рентгенівське випромінювання - це електромагнітне випромінювання. Воно може бути отримано в спеціальних рентгенівських трубках або в прискорювачах електронів. За характером рентгенівські промені схожі з гамма-променями і відрізняються від них джерелом походження.

Гамма-випромінювання являє собою електромагнітне випромінювання, яке поширюється зі швидкістю світла і має високу проникаючу здатність. При впливі його на живі тканини порушуються молекулярні зв'язки і атоми перетворюються в іони. І тоді крізь зруйновані мембрани клітин починають надходити сторонні речовини і їх робота порушується. Якщо доза опромінення невелика, то молекулярні зв'язки відновлюються і клітина продовжує виконувати свої функції. Якщо ж доза опромінення висока або багаторазово повторюється, то виходить з ладу велика кількість клітин і порушується вже робота органів. Залежно від отриманої дози наслідки для опроміненої людини можуть бути самими різними від незначних змін в стані здоров'я до так званої «смерті під променем».

Тому метою нашої роботи є створити і вивчити новий радіаційно-захисний матеріал, який може забезпечити захист людини, що знаходиться в приміщенні від згубного впливу гамма-випромінювання зовні будівлі.

В роботі була розроблена серія нормативних параметрів у вигляді серії залежностей між ступенем зменшення поглиненої людиною енергії та енергії джерела випромінювання. Такі залежності отримані для 40 органів тіла людини в діапазоні енергій випромінювача від 100 кеВ до 1,5 МеВ.

Також була розроблена серія нормативних параметрів у вигляді серії залежностей між поглиненою дозою від товщини захисного матеріалу. Залежності отримані також для тіла людини в діапазоні енергій випромінювача від 100 кеВ до 1,5 МеВ.

Робота має практичне значення, наведені в роботі розрахунки використовуються в навчальному процесі ХНАДУ при проведенні практичних занять для оцінки радіаційної безпеки.

2. РОЗРАХУНОК НАСИПНОЇ ЩІЛЬНОСТІ.

До теперішнього часу захистом від гамма-випромінювання є такі матеріали: бетон, свинець, сталь, а також злежаний ґрунт [5].

У табл. 1 вказані характеристики шару половинного ослаблення гамма-випромінювання цих матеріалів захисту.

Таблиця 1 - Характеристика шару половинного ослаблення для деяких матеріалів.

Матеріал захисту	Шар половинного ослаблення, см	Щільність, г/см ³
Сталь	2,5	7,86
Ґрунт	9,1	1,99
Свинець	1,8	11,3
Бетон	6.1	3.33

З таблиці видно, що найбільш надійним матеріалом для захисту людини від впливу гамма-випромінювання є свинець.

Якщо провести аналіз всіх існуючих будівельних матеріалів з тих, що можуть бути надійним протирадіаційним захистом, то побачимо, що вибір не такий вже й великий. Це свинцева цегла, яку можна використовувати для будівництва будівель і баритова штукатурка, яку використовують для захисту від рентгенівського випромінювання при обробці приміщення. А враховуючи, що це дорогі матеріали, так, наприклад, 1 кг. свинцевої цегли коштує від 100 грн. і вище, а 1 штука свинцевої цегли важить 7 кг. при розмірі 100x100x50 мм., то стає зрозумілим, що будівництво буде дуже витратним.

А враховуючи, що використання свинцю через його токсичність не рекомендується Всесвітньою організацією охорони здоров'я, і утилізація якого обходиться дуже дорого, то виникає необхідність пошуку нових більш безпечних і комфортних для використання в якості захисту протирадіаційних матеріалів [2].

Вперше в якості захисту на стадії будівництва будівлі пропонується використовувати шар сфер із свинцевого скла діаметром 1мм, який буде засипатися в передбачені заздалегідь порожнини стін і стелі будівлі. Перевагою цього матеріалу, на відміну від свинцю, крім того, що він не токсичний, є також його низька вартість.

Кришталі або свинцеве скло - особливий вид скла, що містить не менше 24% окису свинцю, яке, в свою чергу, і буде тим необхідним захистом.

На рис. 1 представлений загальний вид запропонованого шару, де 1 края порожнини в стіні (стелі), 2 - скляні мікросфери.

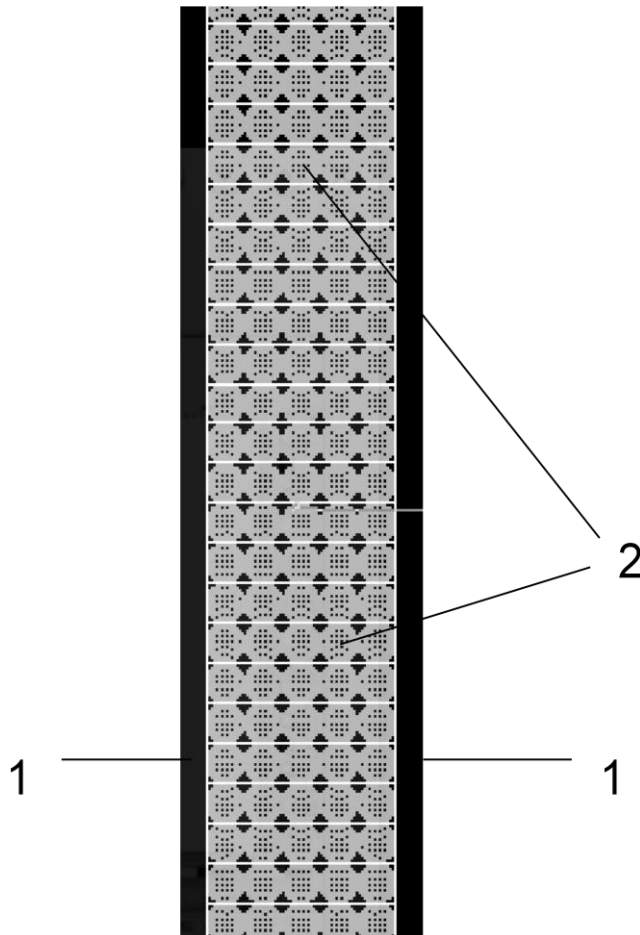


Рисунок 1 - Загальний вигляд захисного матеріалу.

Але, так як шар такого матеріалу матиме не однорідну структуру і буде складатися з сфер і повітря між ними, то необхідно провести розрахунок насипної щільності.

Насипна щільність $\rho_{нас}$ в загальному випадку дорівнює:

$$\rho_{нас} = \frac{M_{сф} + m_n}{V_o} \quad (1)$$

де $M_{сф}$ - маса всіх скляних сфер, розміщених в радіаційно-захисному шарі, кг;

m_n - маса повітря, яке розташовано в порожнинах між сферами в радіаційно-захисному шарі, кг.

Маса сфер дорівнює:

$$M_{сф} = m_{сф} \cdot n \quad (2)$$

де $m_{сф}$ - маса однієї сфери, кг;

n - кількість скляних сфер в радіаційно-захисному шарі.

Маса однієї сфери дорівнює:

$$m_{сф} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{ск} \quad (3)$$

де r - радіус однієї скляної сфери, кг;

$\rho_{ск}$ - щільність скла, кг / м³.

Кількість скляних сфер n в радіаційно-захисному шарі дорівнює однієї цілої частини в меншу сторону від ділення:

$$n = \frac{V_{ш}}{V_0} = \frac{V_{ш}}{\frac{4}{3} \pi r^3} \quad (4)$$

де $V_{ш}$ - об'єм радіаційно-захисного шару, м³;

V_0 - об'єм однієї скляної сфери, м³.

Маса повітря $m_{п}$ в радіаційно-захисному шарі дорівнює:

$$m_{п} = (V_{ш} - V_0 n) \rho_{п} \quad (5)$$

де $\rho_{п}$ - щільність повітря, кг / м³.

Кінцева формула насипної щільності ($\rho_{н}$) виглядає наступним чином:

$$\rho_{н} = \frac{\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{ск} \left[\frac{V_{ш}}{\frac{4}{3} \pi r^3} \right] \eta + \left(V_{ш} - \left[\frac{V_{ш}}{\frac{4}{3} \pi r^3} \right] \eta \frac{4}{3} \pi r^3 \right) \rho_{п}}{V_0}, \quad (6)$$

де η - коефіцієнт упаковки сфер, який може приймати значення для щільної упаковки від 0,59 до 0,63. Для діаметра сфер, які випускає промисловість, рівному 1 мм, насипна щільність складе 2676,4 кг / м³.

3. РОЗРАХУНОК ПОГЛИНЕНОЇ ДОЗИ, ОТРИМАНОЇ ОРГАНАМИ ЛЮДИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАХИСНОГО МАТЕРІАЛУ І БЕЗ НЬОГО.

Іонізуюче випромінювання, проходячи через біологічні тканини, викликає їх іонізацію, призводить до утворення позитивних і негативних іонів і складних фізико-хімічних процесів, функціональних і морфологічних змін. Молекули води, які входять до складу тканин і органів, розпадаються, утворюючи вільні атоми і радикали, які мають велику окислювальну здатність, що ушкоджує клітини і порушує нормальний біологічний процес в живій тканині. Зміни фізичних та біологічних процесів в організмі в залежності від дози опромінення, тобто функції окремих органів і всього організму людини можуть відновлюватися повністю або вести до функціональних порушень організму та виникнення променевої хвороби.

Залежно від поглиненої дози ці зміни можуть бути оборотними і необоротними. При невеликій дозі, пошкоджені тканини відновлюють свою функціональну діяльність, а значна доза викликає незворотні пошкодження окремих органів або всього організму.

Шкідливі наслідки опромінення проявляються в стерильності нащадків, в захворюваннях, які передаються у спадок від покоління до покоління і призводять до зменшення тривалості життя людини, зниження стійкості до інфекційних захворювань.

Радіоактивні випромінювання викликають місцеві ураження: захворювання шкіри, злоякісні пухлини, катаракту, з'являється сухість шкіри, ламкість нігтів, випадає волосся.

Небезпека впливу радіоактивних випромінювань обумовлюється ще й тим, що людина органами почуттів не відчуває їх впливу до тих пір, поки не з'являться ті чи інші зміни в організмі. Найбільш чутливими до радіації є клітини організму, які швидко ростуть.

Молоді особи більш чутливі до опромінення, ніж люди середнього віку. Людина найбільш стійка до опромінення у віці 25-30 років.

Поразка може викликати гостру і хронічну форми променевої хвороби. Гостра форма хвороби виникає при впливі великих доз опромінення за короткий період часу, хронічна - розвивається в результаті тривалого впливу малих доз при зовнішньому опроміненні або при попаданні всередину організму під час прийняття їжі, палінні, вдиханні невеликих кількостей радіоактивних речовин. При гострій променевій хворобі спостерігається анемія, слабкість і схильність організму до інфекційних захворювань.

Небезпека внутрішнього опромінення є значно вище, ніж зовнішнього, оскільки джерело опромінення впритул наближено до опроміненого органу. Окремі радіоактивні речовини мають властивість вибірково акумулюватися в тих чи інших органах, а також вибірково впливати на різні органи людини. У зв'язку з цим введено таке поняття, як критичний орган [4].

Критичний орган - орган, тканина, частина тіла або все тіло, опромінення якого в відповідних умовах заподіює найбільшої шкоди

здоров'ю даної особи або її нащадків. Критичні органи поділяють на групи, що розрізняються по радіо-чутливості. У порядку убутання радіо-чутливості гранично допустимі дози встановлюються для трьох груп критичних органів:

I група - гонади (яєчники) і червоний кістковий мозок;

II група - м'язи, щитовидна залоза, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кристалик ока та інші органи, за винятком тих, які відносяться до I та III груп;

III група - кісткова тканина, шкірний покрив, кисті рук, передпліччя, щиколотки і стопи.

При рівномірному опроміненні всього тіла критичними є ті органи і тканини, які найбільш радіо-чутливі і функції яких найбільш важливі для життєдіяльності організму.

Орієнтуючись на встановлені вагові коефіцієнти для тканин і органів (табл. 2), можна побачити, що крім червоного кісткового мозку і статевих залоз (гонад), є ще кілька особливо радіо-чутливих та в умовах впливу іонізуючого випромінювання життєво важливих органів, якими є товстий кишечник, легені і шлунок. І незважаючи на те, що вони належать до II групи критичних органів їхню значимість не можна нівелювати. Тому в нашій роботі приділимо їм також особливу увагу.

Таблиця 2 - Вагові коефіцієнти для тканин і органів.

Тканина або орган	W_T	Тканина або орган	W_T
Гонади (яєчники)	0.20	Печінка	0.05
Червоний кістковий мозок	0.12	Стравохід	0.05
Товстий кишечник	0.12	Щитовидна залоза	0.05
Легені	0.12	Шкіра	0.01
Шлунок	0.12	Клітини кісткових поверхонь	0,01
Сечовий міхур	0.05		
Молочні залози	0.05	Решта	0.05*

* «Решта» включає наднирники, головний мозок, екстраторакальний відділ органів дихання, тонкий кишечник, нирки, м'язову тканину, підшлункову залозу, селезінку, виличкову залозу і матку.

Щоб розуміти наскільки згубним може бути той чи інший вид іонізуючого випромінювання недостатньо знати потужність джерела енергії та дозу, отриману об'єктом при цьому випромінюванні. Необхідно пам'ятати,

що кожен вид випромінювання абсолютно по-різному може впливати на живий об'єкт. Для цього введено поняття вагових коефіцієнтів. У табл. 3 наведені вагові коефіцієнти для різних видів випромінювання.

Таблиця 3 - Вагові коефіцієнти для окремих видів випромінювання.

Вид випромінювання та діапазон енергії	Ваговий коефіцієнт W_R
Фотони будь-яких енергій	1
Електрони і мюони будь-яких енергій	1
Альфа-частинки, осколки поділу, важкі ядра	20
Нейтрони з енергією:	
менше 10 кеВ	5
від 10 кеВ до 100 кеВ	10
від 100 кеВ до 2 МеВ	20
від 2 МеВ до 20 МеВ	10
більше 20 МеВ	5

На сьогоднішній день не існує математичної теорії визначення ступеня поглинання матеріалом гамма-променів, тому доцільно провести чисельне моделювання.

Для проведення чисельного моделювання була обрана програмна платформа GEANT4, яка протягом 20 років розроблялася в ЦЕРНі (ЦЕРН - Європейська організація з ядерних досліджень) сотнями вчених і програмістів. Основними її перевагами є те, що вона дає можливість вводити складні геометричні об'єкти; використовує C++ - мова; програмування високого рівня; многопоточна ((LINUX-версія), а також те, що програма є загальнодоступною.

Ступінь біологічного впливу іонізуючих променів залежить від поглинання живою тканиною енергії від іонізації молекул, яка виникає при цьому. Кількість енергії, яка поглинається одиницею маси опроміненого

живого об'єкту, називають поглиненою дозою. Величина дози, яка отримана людиною, залежить від виду випромінюваної енергії, щільності потоку і тривалості впливу випромінювання.

Оцінка поглиненої дози іонізуючого випромінювання органами людини є складним завданням з огляду на те, що людське тіло складається з безлічі неоднорідних органів. Для проведення чисельного експерименту по визначенню ефективності зниження гамма-випромінювання при проходженні через радіаційно-захисний матеріал в код програми було необхідно ввести всі дані про щільність кожного органу, його розмір, обсяг [6]. Розрахунки проводилися в діапазоні енергій гамма випромінювання від 100 кеВ до 1,5МеВ з кроком 50 кеВ для кожного з органів, представлених в переліку нижче. Для кожної точки кількість гамма-променів дорівнювало 10^6 . У всьому діапазоні енергій проводився розрахунок поглиненої енергії кожним з органів, а також розрахунок ефективності радіаційно - захисного матеріалу.

Необхідно враховувати те, що захист матеріалом був передбачений не для всіх органів. Так голова, ноги і руки залишилися не захищеними. Це було зроблено для того, щоб різниця при опроміненні закритих і відкритих для впливу іонізуючого опромінення органів була більш виражена.

При проведенні численних експериментів для визначення захисних властивостей радіаційно-захисного матеріалу бралось свинцеве скло (щільність - 4460 кг / м³). Його склад наведено в табл. 4.

Таблиця 4 - Хімічний склад свинцевого скла.

Найменування	Склад, %
Кисень	15,6
Кремній	8,1
Титан	0,8
Миш'як	0,3
Свинець	75,2

Щільність 4460 кг / м³.

Для вивчення захисних властивостей нашого матеріалу проводилося чисельне моделювання для органів людини [3]. Перелік органів представлений в табл. 5.

Таблиця 5 - Перелік органів, що моделюються.

№ п/п	Найменування органу
0.	Головний мозок
1.	Голова
2.	Серце
3.	Ліва надниркова залоза
4.	Кістка лівої руки
5.	Ліва молочна залоза
6.	Ліва ключиця
7.	Ліва нирка
8.	Ліва нога
9.	Кістка лівої ноги
10.	Ліва легеня
11.	Лівий яєчник
12.	Ліва лопатка
13.	Ліва тестикула
14.	Товста кишка
15.	Чоловічі геніталії
16.	Поперековий відділ хребта
17.	Підшлункова залоза
18.	Таз
19.	Грудна клітина
20.	Права надниркова залоза
21.	Кістка правої руки
22.	Права молочна залоза
23.	Права ключиця
24.	Права нирка

25.	Права нога
26.	Кістка правої ноги
27.	Права легеня
28.	Правий яєчник
29.	Права лопатка
30.	Права тестикула
31.	Череп
32.	Тонка кишка
33.	Селезінка
34.	Шлунок
35.	Тимус (вилочкова залоза)
36.	Щитовидна залоза
37.	Торс
38.	Верхня частина товстої кишки
39.	Верхній відділ хребта
40.	Сечовий міхур
41.	Матка

Далі ми можемо побачити результати нашого чисельного моделювання.

На рис. 2 - 5 представлена залежність між ступенем зниження поглиненої людиною енергією і енергією джерела випромінювання. На графіках залежностей справа дана нумерація органів людини (жінки), відповідно табл. 5 (крайній правий стовпчик). Розглянуто було 32 органа.

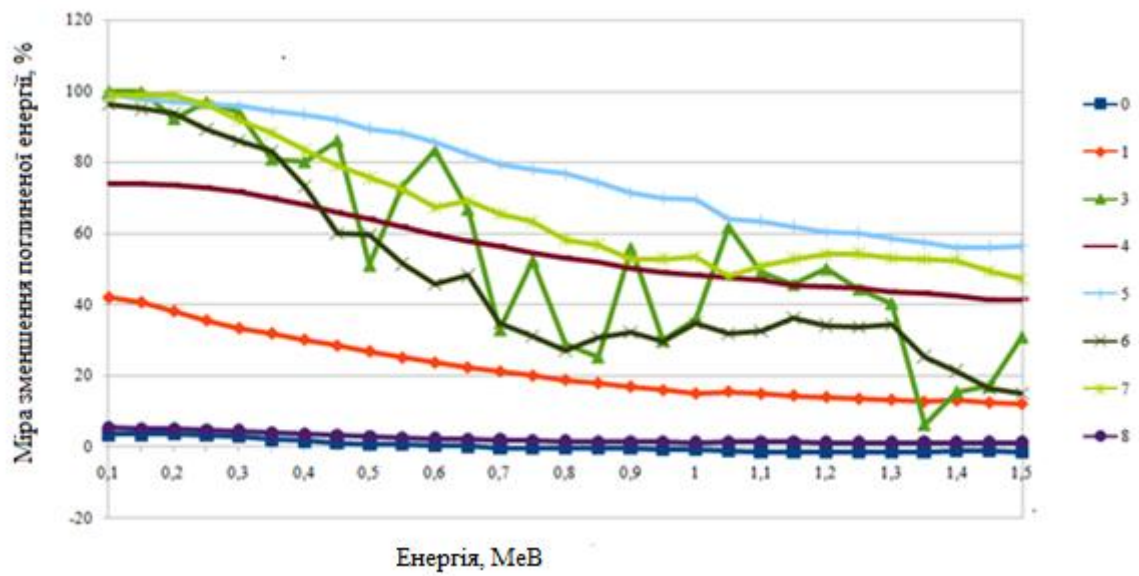


Рисунок 2 - Ступень зменшення поглинання енергії гамма-випромінювання органами людини від енергії.

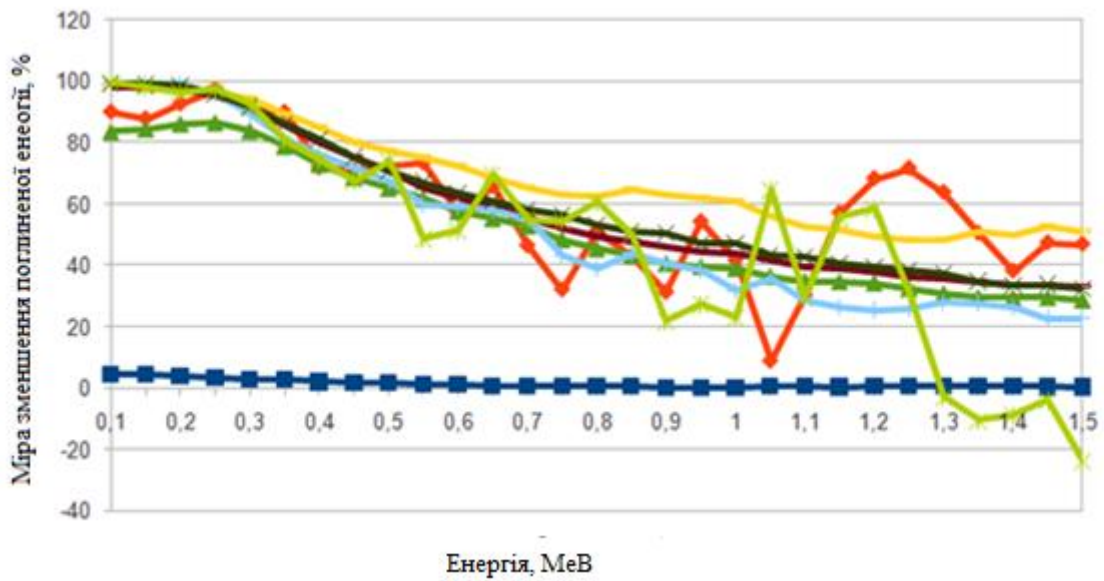


Рисунок 3 - Ступень зменшення поглинання енергії гамма-випромінювання органами людини від енергії.

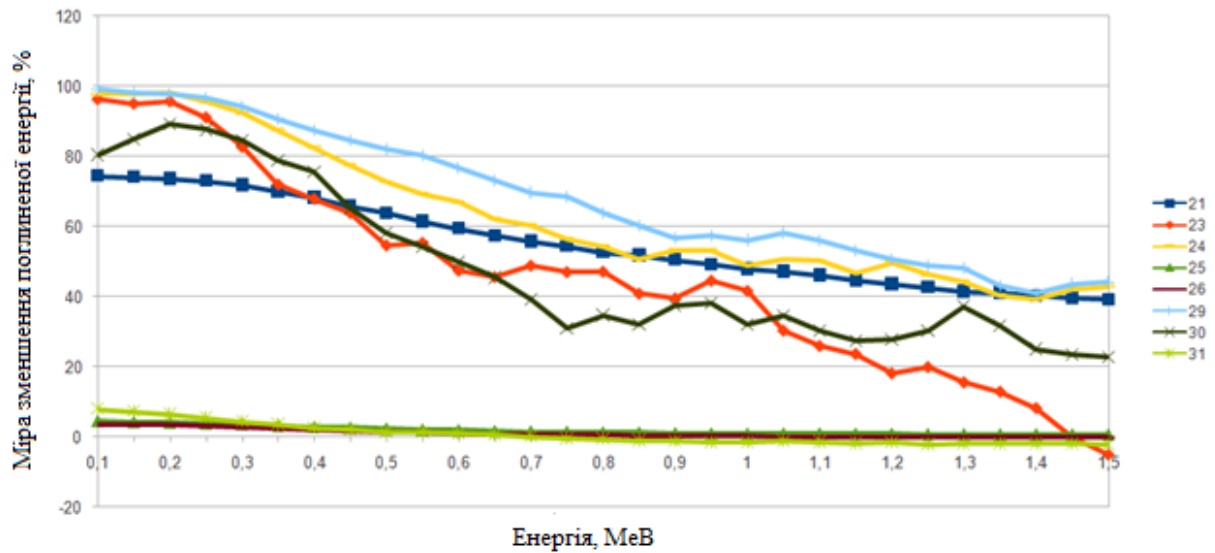


Рисунок 4 - Ступень зменшення поглинання енергії гамма-випромінювання органами людини від енергії.

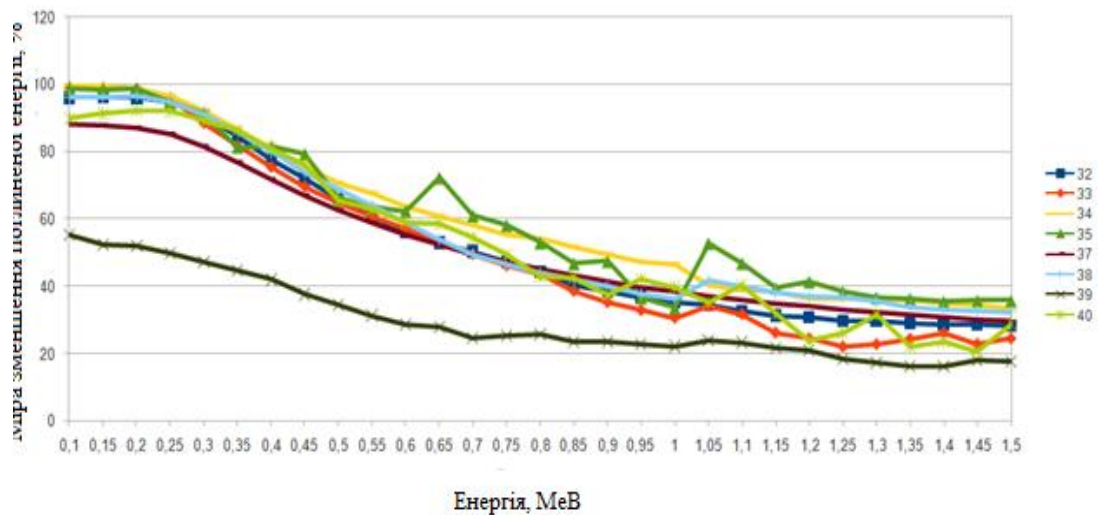


Рисунок 5 - Ступень зменшення поглинання енергії гамма-випромінювання органами людини від енергії.

З рис. 2 - 5 видно, що при збільшенні енергії органи людини поглинають більшу дозу, що природно, але різні органи по-різному поглинають дозу і ступінь поглинання її в залежності від енергії не лінійна.

В результаті моделювання стає зрозуміло, що з підвищенням енергії гамма - квантів ефективність радіаційно-захисних властивостей матеріалу знижується.

За допомогою даної програми було проведено ще один експеримент.

Моделювалося також проходження іонізуючого випромінювання через різну товщину захисного шару запропонованого матеріалу (0 мм; 1мм; 3мм; 5мм; 8мм; 10мм), що відокремлює людину від впливу гамма-

випромінювання. Досліджувався діапазон енергії від 100 кеВ до 1,5 МеВ з кроком 50 кеВ. Були отримані представлені нижче результати.

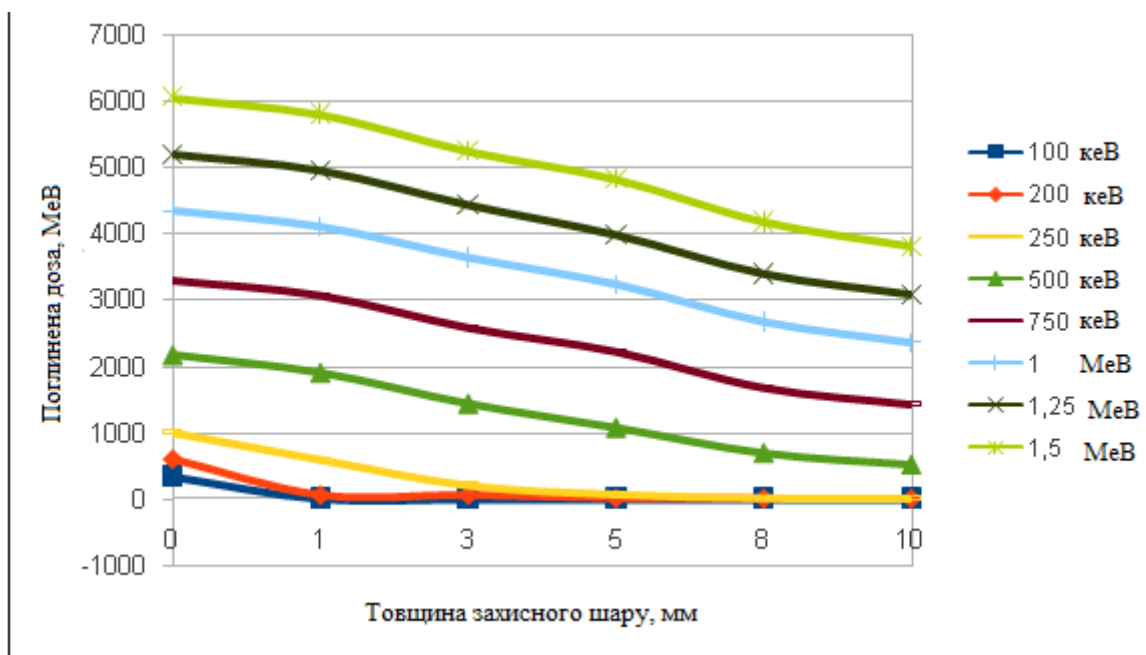


Рисунок 6 - Головний мозок.

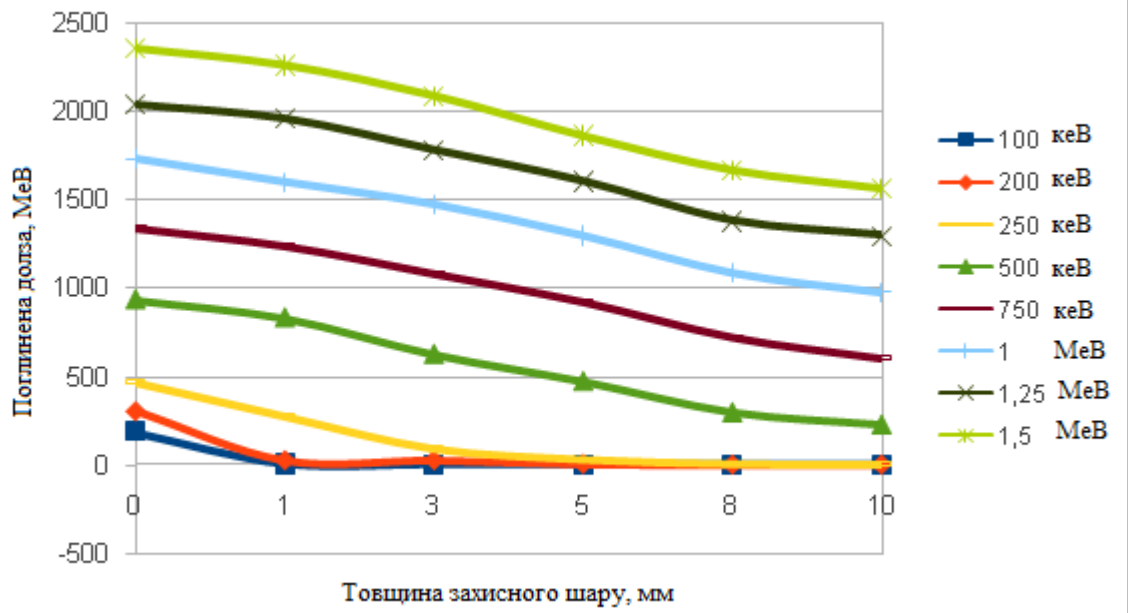


Рисунок 7 - Ліва легеня.

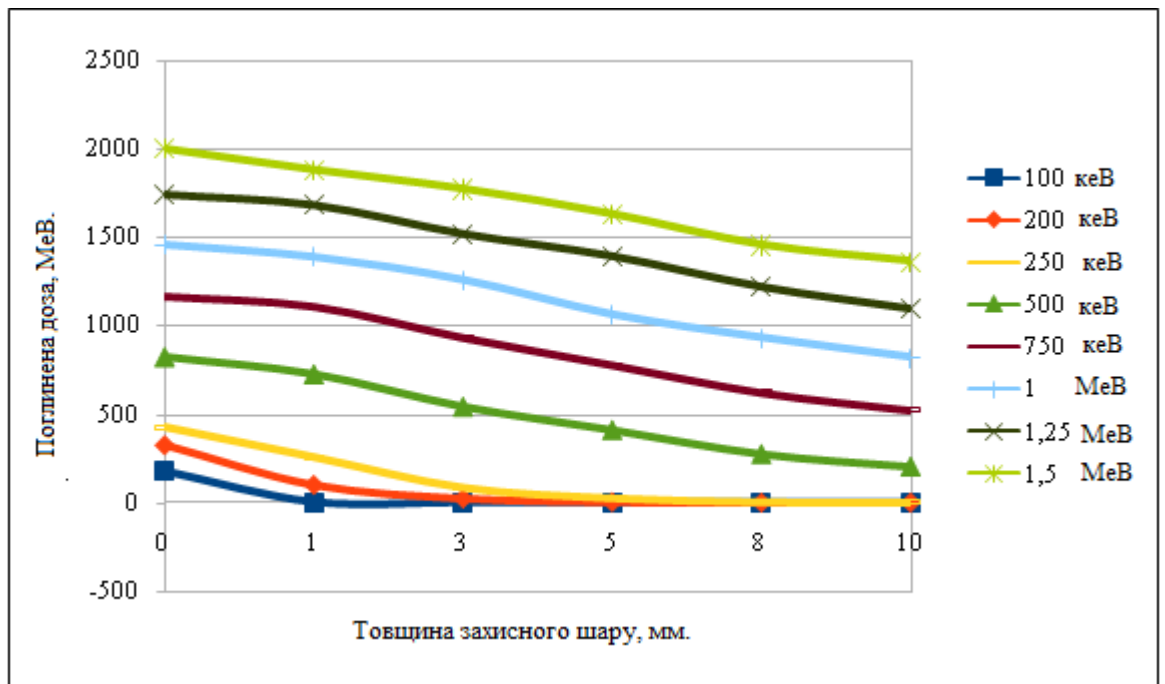


Рисунок 8 - Шлунок.

Таким чином, промодельовавши проходження іонізуючого випромінювання через різну товщину захисного шару (0 мм; 1мм; 3мм; 5мм; 8мм; 10мм), який відділяв людину від впливу гамма-випромінювання, можна побачити (рис. 6 - 8) пряму залежність зменшення поглиненої органами дози при збільшенні товщини захисного матеріалу. Що ще раз підтверджує ефективність його застосування.

Якщо виникне необхідність використання даного захисного матеріалу при більш високих енергіях, то необхідно буде збільшувати його товщину. Але це вже розрахунки наступних робіт.

ВИСНОВКИ:

В результаті проведених досліджень вирішена актуальна науково-прикладна задача для створення нового захисного матеріалу від іонізуючого випромінювання та визначені його нормативні параметри для використання при будівництві будівель з метою безпечної життєдіяльності в місцях з підвищеним рівнем іонізуючого випромінювання.

Визначено особливості впливу іонізуючого випромінювання на організм людини, при цьому проаналізовано його види та визначені характеристики.

Вивчена фізика процесу проходження гамма-випромінювання через речовину для гамма-квантів з енергіями від 100 кеВ до 1,5 МеВ. Також виведена формула для розрахунку насипної щільності скляних сфер.

Запропоновано використовувати новий захисний матеріал із свинцевого скла у вигляді дрібних скляних сфер, діаметром 1 мм, який дозволить захищати організм людини від радіаційного впливу.

Запропонований матеріал не токсичний і не вимагає ніякої дезактивації і коштовної утилізації. До його переваг слід віднести також низьку собівартість і доступність.

Розроблено серію нормативних параметрів у вигляді серії залежностей між ступенем зменшення поглиненої людиною енергії та енергії джерела випромінювання. Такі залежності отримані для 32 органів тіла людини в діапазоні енергій випромінювача від 100 кеВ до 1,5 МеВ.

Розроблено серію нормативних параметрів у вигляді серії залежностей між поглиненою дозою від товщини захисного матеріалу. Такі залежності отримані для тіла людини в діапазоні енергій випромінювача від 100 кеВ до 1,5 МеВ.

Розроблено процедуру визначення поглинених доз і запропонований радіаційно-захисний матеріал, який показав свою ефективність і може застосовуватися при будівництві будівель, які будуть захищати людину від впливу іонізуючого випромінювання. Визначено нормативні параметри захисного матеріалу для різних органів тіла людини.

Наведено результати чисельних експериментів з моделювання поглинання енергії гамма-випромінювання з / без використання запропонованого радіаційно-захисного матеріалу.

Запропонований метод чисельних експериментів призводить до зниження людських, часових і фінансових ресурсів. В результаті чисельного моделювання були отримані серії нормативних параметрів захисного матеріалу у вигляді залежностей ступеня зменшення поглинених людиною доз від потужності енергії. При цьому, дані залежності отримані для різних органів людини, що дозволить створювати ефективний захисний матеріал.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Закон України про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1998, № 22, ст.115).
2. Санітарні правила поводження з радіоактивними відходами (СПОРО-2002), СП 2.6.6.1168-02. - М .: Головний державний санітарний лікар Російської Федерації, 2002. - 64 с.
3. Велика медична енциклопедія. Під ред. акад. Б. В. Петровського, 1974/1989.
4. Бенецький Б.А. // Радіаційні ураження і перспективи розвитку засобів індивідуального захисту від іонізуючого випромінювання / Б.А. Бенецький, Е.Е. Гогін, В.Н. Філатова / за редакцією Бенецький Б.А., Гогін Е.Е., Філатова В.М. - М .: ЦНІТЕІлегпром, 1992. - С. 108.
5. Гусєв Н.Г., Климанов В.А., Машковіч В.П., Суворов А.П. Захист від іонізуючих випромінювань. М .: Вища школа, 1989. - С. 512.
6. Метод расчёта поглощённой (эквивалентной) дозы и мощности поглощённой (эквивалентной) дозы ионизирующего излучения./ **В.В. Моргунов, Н. В. Диденко**, Р. М. Трищ. // Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 18 (1190). – С. 101-106. – doi:10.20998/2413-4295.2016.18.15.

ДОДАТКИ

Додаток 1.

Головний мозок.

	100 кеВ	200 кеВ	250 кеВ	500 кеВ	750 кеВ	1 МеВ	1,25 МеВ	1,5 МеВ
0 мм	340,37	600	996,89	2178,3	3277,91	4334,3	5189,87	6045,8
1 мм	4,24	53,32	591,45	1909,2	3054,03	4091,9	4947,3	5794,22
3 мм	0	53,32	203,45	1441,39	2570,88	3629,52	4431,52	5241,43
5 мм	0	8,69	67,424	1080,43	2211,84	3227,78	3981,72	4818,47
8 мм	0	0,35	12,70	695,319	1670,89	2663,68	3397,46	4174,83
10 мм	0	0	3,95	519,717	1419,28	2350,13	3087,69	3805,18

Додаток 2.

Ліва легеня.

	0 мм	1 мм	3 мм	5 мм	8 мм	10 мм
100 кеВ	184,544	2,34082	0	0	0	0
200 кеВ	300	25,3213	25,3213	3,83086	0,342367	0,13172
250 кеВ	464,398	274,219	91,4648	31,2262	6,20673	2,83368
500 кеВ	931,634	828,88	622,519	469,408	294,037	223,5
750 кеВ	1335,05	1235,27	1079,36	920,768	721,148	602,032
1 МеВ	1733,56	1601,36	1474,23	1295,62	1082,89	970,805
1,25 МеВ	2035,14	1956,72	1778,54	1600,98	1377,62	1294,46
1,5 МеВ	2349,89	2255,82	2083,13	1856,83	1663,32	1559,33

Шлунок.

	0 мм	1 мм	3 мм	5 мм	8 мм	10 мм
100 кеВ	178,787	2,14915	0	0	0	0
200 кеВ	325	100	23,3196	3,17864	0,0906115	0
250 кеВ	424,792	256,638	85,7492	26,7177	4,53297	1,93202
500 кеВ	823,907	726,918	543,547	412,036	276,263	205,066
750 кеВ	1159,77	1103,1	927,702	774,152	617,86	518,261
1 МеВ	1456,56	1387,98	1258,2	1061,69	931,317	819,787
1,25 МеВ	1744,94	1685,37	1522,56	1396,4	1222,46	1098,28
1,5 МеВ	1997,75	1879	1771,46	1628,75	1454,49	1362,31