

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 699.8

DOI 10.31649/2311-1429-2021-1-34-41

В. П. Ковальський

М. Ф. Друкований

Ю. Г. Олійник

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

В роботі розглянуто проблеми забруднення довкілля радіаційно-небезпечними та екологічно шкідливими елементами. Радіаційно-небезпечне забруднення відбувається в декількох напрямках, а саме при дії постійного природного радіаційного фону, внаслідок викидів Чорнобильської аварії, виробництва ядерної енергії, забруднення рік та озер, використання будівельних матеріалів з підвищеним показником вмісту природних радіонуклідів.

На сьогодні в Україні призупинено проведення комплексних заходів по зниженню радіаційного забруднення в галузі будівництва в зв'язку з відсутністю дієвих методів боротьби за екологічну безпеку та за покращення демографічної ситуації в країні.

В якості способів підвищення радіаційно-захисних властивостей будівельних матеріалів розглянуто варіанти структурних моделей, будівельних технологій, впровадження та удосконалення яких є перспективою наукового розвитку будівельної галузі. Для екологічно безпечного, економічно доцільного, системно налагодженого експлуатування будівельних конструкцій і об'єктів будівництва загалом, невід'ємним є дотримання принципів радіаційного захисту шляхом оптимізації ресурсних характеристик відповідних об'єктів.

Тому виконано аналіз актуальності наведених способів створення якісних будівельних матеріалів з урахуванням показників підвищення радіаційно-захисних властивостей будівельних матеріалів.

Ключові слова: радіоактивність, будівельні матеріали, радіаційно-захисні властивості, добавки, радіаційна стійкість матеріалу, випромінювання.

Вступ

Радіоактивність будівельних матеріалів створює як зовнішнє, так і внутрішнє опромінення людей. Зовнішнє опромінення безпосередньо залежить від величини активності будівельного матеріалу і створюється за рахунок опромінювання радіонуклідами ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , які містяться в цьому матеріалі. Внутрішнє опромінення обумовлене попаданням в організм людини через органи дихання радіоактивного газу ^{222}Rn і продуктів його розпаду.

Небезпеку цього явища для живого організму дослідники виявили із самого початку відкриття радіоактивності [1]. Так, А. Беккерель і М. Кюрі-Склавдовська, що вивчали властивості радіоактивних елементів, отримали сильні опіки шкіри від випромінювання радію.

Визначено, що види радіоактивних випромінювань відрізняються різною проникною здатністю та супроводжуються звільненням різної кількості енергії, тому мають різний вплив на живі організми і екосистеми взагалі (рисунк 1).

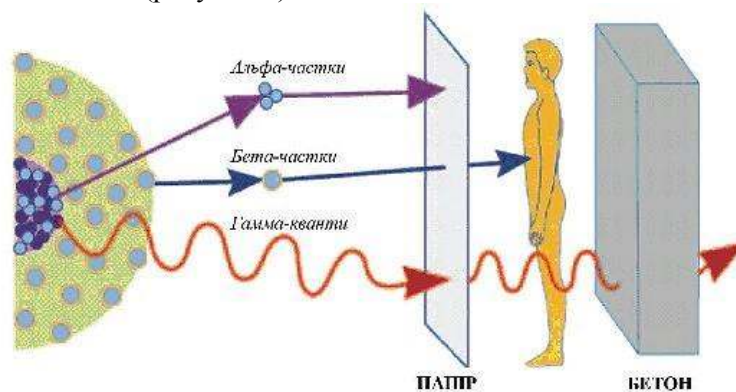


Рисунок 1 – Види радіоактивних випромінювань і їх проникаюча здатність

Розширення житлового фонду країни на сьогодні ведеться з використанням існуючих будівельних матеріалів і технологій, які не захищають дані об'єкти від цієї небезпеки, і в деяких

випадках (недотримання норм, незаконна забудова) самі можуть бути джерелами радіаційних випромінювань при наявності у їх складі підвищеного вмісту природних радіонуклідів. Тому метою роботи є проведення **аналізу способів підвищення радіаційно-захисних властивостей будівельних матеріалів** та теоретичне обґрунтування можливості отримання радіаційно-поглинаючого будівельного матеріалу.

Постановка задачі

Опрацювання діючих нормативних документів [2] по контролю впливу радіоактивних речовин в будівельній галузі дає можливість регулювати такі параметри, як ефективна питома активність природних радіонуклідів в будівельних матеріалах і в мінеральній будівельній сировині; потужність поглиненої в повітрі дози гамма-випромінювання в приміщеннях будівель і споруд; середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність радіаційно небезпечних елементів в повітрі приміщень.

На етапі будівництва нових або капітального ремонту та ведення реконструкції житлових будівель необхідним є зниження радіаційного γ -фону даних об'єктів, який значно перевищує потужність дози γ -випромінювання в приміщеннях дерев'яних та цегляних будинків. Зазначається [3], що величина потужності поглиненої дози в приміщеннях будівлі, що характеризує зовнішню складову ефективної дози опромінення, залежить також від змісту γ -випромінюючих радіонуклідів у видах будівельних матеріалів, які використовуються для огорожувальних та несучих конструкцій приміщення.

Проведений аналіз [4] нормативної і фізико-хімічної основи забезпечення радіаційної безпеки об'єктів будівництва показав, що існуюча система радіаційного контролю не використовує технологічних можливостей для реалізації принципу оптимізації, і питанню розробки технологічних методик, зниженню дози опромінювання на інженерному рівні приділяється недостатня увага.

Для виконання техніко-економічного обґрунтування доцільності створення радіаційно-захисного матеріалу на основі доданих до його складу компонентів заплановано проведення експериментальних досліджень з використанням напрацювань по існуючих дослідженнях. Основним з завдань є дотримання якості механічних, фізико-хімічних, експлуатаційно-технічних властивостей утвореного матеріалу.

Основна частина

Формування підвищеного радіаційного фону, який діє на території загального проживання населення створюється використанням будівельних матеріалів, випромінюючих радіонукліди.

За даними [5], на окремих територіях України цей фон підвищений, наприклад на узбережжі Північного Приазов'я, де після шторму накопичується радіоактивний пісок чорного кольору - суміш ільменіту, моноциту, торіаніту, складає 100-300 мкР/год. Це майже вдесятеро вище за норму, гранично допустимий рівень.

Відомо, що радіоактивність природних будівельних матеріалів залежить від родовища.

Наприклад визначено [6, 7], що щебінь Орліковського (Полтавська обл.), Токовського, Маринського, Усть-Каменського (Дніпропетровська обл.), Березовського (Житомирська обл.) має високу радіоактивність і відноситься до III-IV класу будівельних матеріалів згідно з будівельними і гігієнічними нормативами, тобто їх використання заборонено в житловому будівництві. Щодо промислових відходів, високою радіоактивністю відзначається доменний шлак (чорна металургія), фосфогіпс (переробка фосфорних руд), цегла з червоної глини (виробництво алюмінію), а кам'яні матеріали (граніти, бетони зі щебнем) мають концентрацію радіації більше 370 Бк/кг, що є недопустимим.

Для проведення будівельних робіт за стандартом виконується вимога дотримання радіаційної безпеки матеріалів, які використовуються. В таблиці 1 наведено питому ефективну активність природних радіонуклідів піску [8], гравію із щільних гірських порід, щебню на етапі виробництва із них будівельних матеріалів у відповідності з областями їх застосування.

Вміст природних радіонуклідів у будівельних матеріалах визначається вимірюванням їх питомих активностей (Ci, Бк/кг). Для порівняльних оцінок радіоактивності різних будівельних матеріалів, математичні моделі яких розроблено в [9] для розрахунку просторового змінення потужності експозиційної дози γ -випромінювання у приміщенні, застосовується ефективна питома

активність (Сеф.), що вимірюється в Бк/кг і визначається за формулою:

$$C_{\text{эф.}} = C_{\text{Ra}} + 1,31C_{\text{Th}} + 0,085C_{\text{K}}, \quad (1)$$

де: C_{Ra} , C_{Th} , C_{K} – питома активність ^{226}Ra , ^{232}Th і ^{40}K відповідно;
1,31 і 0,085 – вагові коефіцієнти для ^{232}Th і ^{40}K відповідно по відношенню до ^{226}Ra .

Таблиця 1

Радіаційно-гігієнічна оцінка та вимоги до матеріалів при їх виробництві

Матеріал	Питома ефективна активність природних радіонуклідів, $A_{\text{эфф}}$	Клас безпеки	Визначена область застосування
пісок гравій щебінь	до 370 Бк/кг	1	в споруджуваних житлових і громадських будівлях
	понад 370 до 740 Бк/кг	2	для дорожнього будівництва в межах території населених пунктів і зон перспективної забудови, а також при зведенні виробничих будівель і споруд
	понад 740 до 1350 Бк/кг	3	в дорожньому будівництві поза населеними пунктами

Кіптиком В. А. розроблені аналітичні моделі [4] визначення радіаційних параметрів будівельних виробів і об'єктів будівництва з урахуванням радіаційних властивостей використовуваних видів будівельної сировини, що дозволяє ще на стадії розробки будівельних виробів і проектування об'єктів визначити і вибрати раціональний варіант забезпечення їх радіаційної безпеки.

Для визначення дієвих добавок та заповнювачів в будівельних матеріалах, що можуть використовуватись, для прикладу беремо широко використовуваний матеріал бетон.

В ході виконання експериментів [10] по заміні відомих та введення нових компонентів, стояло завдання на підвищення радіаційної стійкості із збереженням існуючих показників щільності та міцності матеріалу і за рахунок цього - покращення радіаційно-захисних характеристик від дії змішаного гамма- та нейтронного іонізуючого випромінювання. Такий бетон містить в'язуче, крупний заповнювач – чавунний дріб і дрібний заповнювач, який відрізняється тим, що він як в'язуче містить сірку, модифіковану дициклопентадієном (ДЦПД), як дрібний заповнювач – молоті відходи виробництва оптичного скла і додатково – наповнювач оксид свинцю та армуючий компонент – обрізки алюмоборосилікатного скловолокна при наступному співвідношенні компонентів, мас %:

- сірка модифікована ДЦПД 13,5 – 15;
- оксид свинцю 15 – 18;
- молоте оптичне скло 20 – 23;
- чавунний дріб 44 – 48;
- обрізки алюмоборосилікатного скловолокна 1,5 – 2.

За їх розрахунками це дозволяє збільшити коефіцієнт радіаційної стійкості бетону за рахунок інтенсифікації процесів комптонівського розсіювання під час іонізації сірчаних кілець і ланцюгів та введенням в якості наповнювача оксиду свинцю, що відомий здатністю поглинати радіоактивне випромінювання.

Також в якості сировини для радіаційно-захисних бетонів в [11] використовувалась баритова руда. В складі баритової руди входять мінерал барит BaSO_4 , кремнезем SiO_2 , оксиди заліза Fe_3O_4 , оксид алюмінію Al_2O_3 , оксид магнію MgO і оксид кальцію CaO .

Щільність баритових бетонів становить від 2,7 до 3,8 т/м³, міцність на стиск 16-30 МПа, на розтяг не більше 3 МПа. Але недоліками таких бетонів є висока схильність усадкових деформацій і слабка стійкість до циклічних температурних впливів, що обумовлено неоднаковим по кристалічним осям температурним розширенням:

$$d_x = 19 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}; \quad d_y = 22 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}; \quad d_z = 35 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}.$$

Основною з вимог якості матеріалу з введеними різного роду радіаційно-захисними добавками є задоволення вимоги корозійної стійкості. Із літературних джерел (проф. А. В. Волженського та

ін.) відомо, що майже всі види корозії спричинені наявністю вільного вапна в цементному камені, яке утворюється при його твердненні і негативно впливає на корозійну стійкість матеріалу в часі. Тому для покращення в якості добавок використовують компоненти, які підвищують щільність і стійкість матеріалу. До таких належать мінеральні, органічні пластифікуючі та гідрофобізуючі добавки, а введення добавок для швидкого твердіння у вигляді хлористих солей не допускається.

Беручи до уваги результати досліджень [12], в якому запропоновано спосіб часткового зниження вмісту радіонуклідів в будівельних матеріалах і виробках, за рахунок використання активної сорбційної мінеральної добавки (АСМД). В якості АСМД використовували подрібнений мінеральний порошок глауконіту. Глауконіту мінерал, класу силікатів групи гідрослюд, до складу якого входять кремній, алюміній, калій, залізо та ін. Хімічна формула $(K, H_2O)(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_2[Si_2AlO_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$.

Хімічний склад глауконіту: діоксид кремнію SiO_2 — 44-56 %; оксид алюмінію Al_2O_3 — 3-22 %; оксид заліза Fe_2O_3 — 0-27 %; діоксид заліза FeO — 0-8 %; оксид магнезю MgO — 0-10 %; оксид калію K_2O до 10 %, H_2O — 4-10 %. В Україні значні поклади глауконіту розташовані на Поділлі та Волині. Але на даний час заводи по переробці глауконітових пісків відсутні.

Раніше у ВНТУ виконувались роботи по створенню радіаційно-захисного матеріалу на основі бетону електропровідного металонасиченого (бетел-м) [13-14]. Компонентом такого бетону був дисперсний електропровідний наповнювач, в ролі в'язучого - цемент.

В ході ряду проведених досліджень у порівнянні виготовлених зразків бетелу-м ніздрюватої ($400-700 \text{ кг/м}^3$) і щільної ($1600-2100 \text{ кг/м}^3$) структури, з різною кількістю дисперсного провідника (в % від маси в'язучого) визначено, що ніздрюватий бетел-м через особливості своєї структури забезпечує порівняно мале відбиття електромагнітних хвиль, що є основною характеристикою РПМ.

У фізичному розумінні проводилась деяка аналогія із конструкцією спеціальних багат шарових радіаційно-захисних екранів. А зафіксоване явище сингулярності вказує на аномальність тенденції прояву властивостей зразків при зміні тих чи інших параметрів і є характерним для дисперснонаповнених композиційних матеріалів. Тому, загалом, можливе варіювання комплексних параметрів для покращення властивостей даного матеріалу.

В загальному, у світі набирають обертів розробки спеціальних матеріалів підвищеної щільності з використанням важких наповнювачів [15], але вони є надто дорогими, наприклад, патент № 4654273 США; патент № 3344023 А.1 ФРГ; патент №4.499.010 США; патент №3662387 США; патент №2144114А Великобританії.

Так, в Польщі використання різних сировинних матеріалів і готових будівельних матеріалів класифікується відповідно до значень показників активності f_1 та f_2 . В статті [16] представлені показники активності f_1 і f_2 для обраної сировини і будівельних матеріалів, таких як зола, бетон, цемент і кераміка.

Також із зарубіжних статей відомо, що за оглядом існуючих досліджень свинцеве скло є покращеним варіантом матеріалу для радіаційного захисту, так як воно не досить дороге і легко виготовляється. Тим не менш, воно не є чітко прозорим, має низьку міцність, токсичність. Тому в дослідженні [17] прораховано, чим більше вміст Ag_2O в склі, тим більш впливовим є радіаційний екран. В області низьких енергій, де домінує фотоелектричне поглинання, коефіцієнти взаємодії та сумарні лінійні коефіцієнти загасання мають три резонанси, зумовлені концентрацією Si , Ca і Fe .

Повідомляється про збільшення потенціалу фотонного захисту склокераміки за рахунок бариту і цирконоліту. Група склокераміки на основі системи $PbO-B_2O_3-SeO_2-Er_2O_3: Au_2O_3$ була оцінена з точки зору їх екрануючих компетенцій, тому у висновку [17] добавки бариту і цирконоліту в склокераміці поліпшили здатність досліджуваних зразків екрануватися не тільки від фотонів, але і від нейтронів і важких заряджених частинок.

Ще зазначено, що використання природного кварцу, аметисту, халцедону, кристалічної породи, рожевого, яшмового кварцу в радіаційному захисті може зіграти значну роль в якості будівельних матеріалів (переважно для реакторних конструкцій).

Навіть, враховуючи частку випромінювання при експлуатації таких матеріалів як композитні, можна дійти висновку, що регулярний вплив таких випромінювань чинить негативний вплив на організм людини і зменшує тривалість життя. Сучасна промисловість має на меті створити штукатурний розчин, який завдяки використанню особливих матеріалів, здатний захистити мешканців приміщень від впливу електромагнітного, іонізуючого та інших видів випромінювання.

Як зазначається [18], у радіаційно-захисному композитному матеріалі застосовують наповнювач у вигляді суміші, що містить метал. У полімерних композиційних матеріалах матрицею є полімер, утворений на основі якого-небудь зв'язуючого матеріалу. У якості зв'язуючого матеріалу знайшли широке застосування епоксидні смоли, поліефіри, фенол-формальдегідні смоли. З розширенням використання пластичних мас як конструкційних матеріалів до них пред'являються високі технічні вимоги.

У розвинених країнах проводяться наукові заходи щодо використання методів по зменшенню концентрації в баритовій штукатурці свинцевих компонентів. Робиться це за рахунок підбору дрібнопористих матриць, які утримують основний потік свинцю. У нас можна побачити лише спроби поліпшення складу сумішей при використанні композитних будівельних матеріалів.

В наукових працях [19] виявлено, що радіаційно-захисний матеріал, який містить в'язучу речовину - гідроалюмінат барію і рентгенопоглинаючий наповнювач – баритовий пісок, призначений головним чином для виготовлення облицювальних плиток товщиною біля 10 мм. В окремих випадках цей матеріал може використовуватись для виготовлення променевозахисної цегли, тобто цегли, яка є облицювальною, або для виготовлення перегородок, екранів тощо. Така цегла через свою недостатню міцність не може бути використана як будівельна цегла для зведення капітальних несучих стін, які одночасно є і радіаційно-захисними. До того ж ці компоненти є дорогішими. В даній роботі проведені дослідження по додаванню в'язучої речовини - силікатної маси, а як наповнювача - цирконату-титанату свинцю при наступному співвідношенні компонентів, мас %:

- силікатна маса 50-80;
- цирконат-титанат свинцю 20-50;

При такому співвідношенні частково підвищується міцність будівельної цегли на стиск, також спостерігається підвищення рентгенозахисних властивостей. Але для виконання поставлених задач необхідним є проведення системних експериментальних досліджень.

Висновки

Практичне значення досліджень полягає в розробці методів покращення радіаційно-захисних властивостей будівельних матеріалів і виробів та контроль на етапах виготовлення шляхом зміни впливів різного роду і енергії випромінювань, хімічного складу, без втрати їх експлуатаційних показників, що є основою для забезпечення радіаційної безпеки об'єктів будівництва.

Опрацювання наукових публікацій щодо характеристик конструкційних матеріалів має мету подальшого створення радіаційно-захисних матеріалів нового класу, одним з яких є матеріали, засновані на дисперсних системах, що дозволять зменшити товщину і вагу матеріалу та одночасно підвищити їх захисні властивості в 2-3 рази за рахунок зниження вагової частки металевого матеріалу і можливості повного його виключення.

Виготовлення оновлених будівельних матеріалів базується на наукових відкриттях різного роду ефектів та явищ в області взаємодії радіоактивних випромінювань з багатокомпонентними середовищами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурлаков В. П. Джерела радіоактивності [Текст] / В. П. Бурлаков, В. П. Ковальський, // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів "Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених", 10-11 травня 2019 р. – Черкаси : ЧПБ, 2019. – С. 13-14.
2. Норми радіаційної безпеки України. доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000), Київ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.uatom.org/wp-content/uploads/2019/03/NRBU-97.pdf>
3. Ковальський В. П. Джерела радіоактивності будівельних матеріалів / В. П. Ковальський, В.П. Бурлаков, Н. А. Акімов // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Стратегія розвитку міст: молодь і майбутнє (інноваційний ліфт)", квітень-травень 2019 р. – Харків : Харківський національний університет міського господарства імені О.Б. Бекетова, 2019. – С. 94-95.
4. Кіптик В. А. Автореферат Забезпечення радіаційної безпеки населення на основі використання будівельних матеріалів з заданими параметрами – Дніпропетровськ, 2000
5. Радіоактивний фон території України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://pidru4niki.com/12090613/ekologiya/radioaktivniy_fon_teritoriyi_ukrayini
6. Очеретний В. П. Шляхи зниження радіоактивності будівельних матеріалів та виробів [Текст] / В. П. Очеретний, О. М. Друкований // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2011. - № 1
7. Kalafat K. Technical research and development [Text]: collective monograph / Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V., etc. – International Science Group. – Boston, : Primedia eLaunch 2021. – 616 p.

8. Друкований М. Ф. Аналіз радіаційних властивостей будівельних матеріалів і розчинів [Електронний ресурс] / М.Ф. Друкований, Ю. Г. Олійник, В. П. Ковальський // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві, Вінниця", 10-12 листопада 2020 р. – Електрон. текст. дані. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/view/10901>.
9. Вікторова Є. М. Джерела природного іонізуючого випромінювання [Текст] / Є. М. Вікторова, В. П. Ковальський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів "Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених", 13 травня 2021 р. – Черкаси : ЧНПБ, 2021. – С. 15-17.
10. Патент України на корисну модель № 44603, G21F1/04. Бетон для захисту від випромінювань / М. М. Жук, Ю. І. Орловський, Т. М. Шналь; 15. 02. 2002, Бюл. № 2
11. Новиков Н. В. / Баритсодержащие радиационнозащитные строительные материалы – Вестник РУДН. RUDN Journal of Engineering Researches, 2020
12. Друкований М. Ф. Зниження радіоактивності будівельних матеріалів та виробів [Електронний ресурс] / М. Ф. Друкований, В. П. Ковальський, В. П. Бурлаков // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/8959>.
13. Лемешев М. С. Будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання [Текст] / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Науковий журнал „Вісник Сумського національного аграрного університету”. Серія "Будівництво". – Суми : СумНАУ. 2014. – Вип. 8(18). – С. 130–145
14. Ковальський В. П. Применения красного бокситового шлама в производстве строительных материалов / В. П. Ковальський // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2005. – № 1(49). – С. 55-60.
15. Металлосодержащий бетон с радиационно-защитными свойствами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.science-community.org/ru/node/1935>
16. Piotrowska B. Building Materials Radioactivity in Poland / B. Piotrowska, M. Fajak, K. Isajenko, S. Krawczyńska // BITP. - 2016. - Vol. 44, Issue 4. - С. 151-158. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bitp_2016_44_4_14
17. Developed selenium dioxide-based ceramics for advanced shielding applications: Au₂O₃ impact on nuclear radiation attenuation / Elsevier Journal, 2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2021.104099>
18. Патент України на корисну модель № 73413. Матеріал для радіаційного захисту і спосіб його виготовлення / Є. О. Джур, Ю. О. Крикун, В. І. Ткаченко; ін. 15. 07. 2005
19. Патент України на винахід №28714, G21F1/02, G21F1/10. Радіаційнозахисний будівельний матеріал / В. А. Іванов, Г. А. Маймур, Ю. Б. Немцов, В. М. Пишнев, В. І. Ткаченко, А. І. Шевцов, 16.10.2000, Бюл. № 5

REFERENCES

1. Burlakov V. P. Dzherela radioaktyvnosti [Tekst] / V. P. Burlakov, V. P. Koval's'kyy, // Materialy Vseukrayins'koyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi kursantiv i studentiv "Nauka pro tsyvil'nyy zakhyst yak shlyakh stanovlennya molodykh vchenykh", 10 -11 travnya 2019 r. – Cherkasy : CHIPB, 2019. – S. 13-14.
2. Normy radiatsiyanoi bezpeky Ukrayiny. dopovnennya: Radiatsiynyy zakhyst vid dzherel potentsiyoho oprominennya (NRBU-97/D-2000), Kyiv. [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <https://www.uatom.org/wp-content/uploads/2019/03/NRBU-97.pdf>
3. Koval's'kyy V. P. Dzherela radioaktyvnosti budivel'nykh materialiv / V. P. Koval's'kyy, V.P. Burlakov, N. A. Akimov // Materialy Mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi "Stratehiya rozvytku mist: molod' i maybutnye (innovatsiynyy lift)", kviten'-traven' 2019 r. – Kharkiv : Kharkivs'kyy natsional'nyy universytet mis'koho hospodarstva imeni O.B. Beketova, 2019. – S. 94-95.
4. Kipytk V. A. Avtoreferat Zabezpechennya radiatsiyanoi bezpeky naseleennya na osnovi vykorystannya budivel'nykh materialiv z zadanyimi parametramy – Dnipropetrovs'k, 2000.
5. Radioaktyvnyy fon terytoryi Ukrayiny [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: https://pidru4niki.com/12090613/ekologiya/radioaktivniy_fon_terytoryi_ukrayini
6. Ocheretnyy V. P. Shlyakhy znyzhennya radioaktyvnosti budivel'nykh materialiv ta vyrobiv [Tekst] / V. P. Ocheretnyy, O. M. Drukovanyy // Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi. - 2011. - № 1
7. Kalafat K. Tekhnichni doslidzhennya ta rozrobky [Tekst]: kolektyvna monohrafiya / Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V. ta in. - Mizhnarodna naukova hrupa. - Boston.; Primedia eLaunch 2021. - 616 r.
8. Drukovanyy M. F. Analiz radiatsiynykh vlastyvostey budivel'nykh materialiv i rozchyniv [Elektronnyy resurs] / M.F. Drukovanyy, YU. H. Oliynyk, V. P. Koval's'kyy // Materialy Mizhnarodnoyi naukovotekhnichnoyi konferentsiyi "Innovatsiyni tekhnolohiyi v budivnytstvi, Vinnytsya", 10-12 lystopada 2020 r. – Elektron. tekst. dani. – Vinnytsya : VNTU, 2020. – Rezhym dostupu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/view/10901>.
9. Viktorova YE. M. Dzherela pryrodn'oho ionizuyuchoho vyprominyuvannya [Tekst] / YE. M. Viktorova, V. P. Koval's'kyy // Materialy Vseukrayins'koyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi kursantiv i studentiv "Nauka pro tsyvil'nyy zakhyst yak shlyakh stanovlennya molodykh vchenykh", 13 travnya 2021 r. – Cherkasy : CHIPB, 2021. – S. 15-17.
10. Patent Ukrayiny na korysnu model' № 44603, G21F1/04. Beton dlya zakhystu vid vyprominyuvan' / M. M. Zhuk, YU. I. Orlovs'kyy, T. M. Shnal'; 15. 02. 2002, Byul. № 2
11. Novykov N. V. / Baryt-soderzhashchye radyatsyonnozashchytnye stroytel'nye materyaly – Vestnyk RUDN. RUDN Journal of Engineering Researches, 2020
12. Drukovanyy M. F. Znyzhennya radioaktyvnosti budivel'nykh materialiv ta vyrobiv [Elektronnyy resurs] / M. F. Drukovanyy, V. P. Koval's'kyy, V. P. Burlakov // Materialy XLIX naukovotekhnichnoyi konferentsiyi pidrozdiliv VNTU, Vinnytsya, 27-28 kvitnya 2020 r. – Elektron. tekst. dani. – 2020. – Rezhym dostupu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/8959>.

13. Lemeshev M. S. Budivel'ni materialy dlya zakhystu vid elektromahnitnoho vyprominyuvannya [Tekst] / M. S. Lemeshev, O. V. Berezyuk // Naukovyy zhurnal „Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu”. Seriya "Budivnytstvo". – Sumy : SumNAU. 2014. – Vyp. 8(18). – S. 130–145
14. Koval'skiy V. P. Primeneniya krasnogo boksitovogo shlama v proizvodstve stroitel'nykh materialov / V. P. Koval'skiy // Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury. – 2005. – № 1(49). – S. 55-60.
15. Metallosoderzhashchiy beton s radiatsionno-zashchitnymi svoystvami [Yelektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://www.science-community.org/ru/node/1935>.
16. Piotrovska B. Radioaktivnost' stroitel'nykh materialov v Pol'she / B. Piotrovska, M. Fuyak, K. Isayenko, S. Kravchinskaya // BITP. - 2016. - T. 44, vyp.4. - S. 151-158. - Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bitp_2016_44_4_1
17. Razrabotannaya keramika na osnove dioksida selena dlya usovershenstvovannykh zashchitnykh prilozheniy: vliyaniye Au2O3 na oslableniye yadernogo izlucheniya / Elsevier Journal, 2021 [Yelektronniy resurs]. - Rezhim dostupu: <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2021.104099>
18. Patent Ukrainy na korysnu model' № 73413. Material dlya radiatsiyonnoho zakhystu i sposib yoho vyhotovlennya / YE. O. Dzhur, YU. O. Krykun, V. I. Tkachenko; in. 15. 07. 2005
19. Patent Ukrainy na vynakhid №28714, G21F1/02, G21F1/10. Radiatsiyozakhysnyy budivel'nyy material / V. A. Ivanov, H. A. Maymur, YU. B. Nyemtsov, V. M. Pyshnyev, V. I. Tkachenko, A. I. Shevtsov, 16.10.2000, Byul. № 5

Ковальський Віктор Павлович – к. т. н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, ORCID: 0000-0002-3103-6319

Друківаний Михайло Федорович – д. т. н., професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет

Олійник Юлія Григорівна – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, ORCID: 0000-0002-9960-8539

V. Kovalskiy
M. Drukovanyy
Y. Oliinyk

ANALYSIS OF WAYS TO INCREASE RADIATION PROTECTION OF BUILDING MATERIALS

Vinnytsia National Technical University

The paper considers the problems of environmental pollution by radiation-hazardous and environmentally harmful elements. Radiation-hazardous pollution occurs in several directions, namely under the influence of constant natural radiation background, due to Chernobyl emissions, nuclear energy production, pollution of rivers and lakes, the use of building materials with high content of natural radionuclides.

At present, Ukraine has suspended comprehensive measures to reduce radiation pollution in the construction industry due to the lack of effective methods to combat environmental safety and improve the demographic situation in the country.

As ways to increase the radiation-protective properties of building materials, variants of structural models, construction technologies are considered, the introduction and improvement of which is a prospect of scientific development of the construction industry. For environmentally safe, economically feasible, systematically operated operation of building structures and construction sites in general, it is essential to adhere to the principles of radiation protection by optimizing the resource characteristics of the respective facilities.

Therefore, the analysis of the relevance of the above methods of creating high-quality building materials, taking into account the indicators of increasing the radiation-protective properties of building materials.

Key words: radioactivity, building materials, radiation-protective properties, supplements, radiation resistance of material, radiation.

Viktor Kovalskiy – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3103-6319

Mykhaylo Drukovanyy — Doctor of Technical Sciences, professor, professor of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia national technical university

Yuliia Oliinyk – graduate student of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: yuliaoliinyk3@gmail.com ORCID: 0000-0002-9960-8539

В. П. Ковальський
М. Ф. Друківаний
Ю. Г. Олійник

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Винницький національний технічний університет

В работе рассмотрены проблемы загрязнения окружающей среды радиационно-опасными и экологически вредными элементами. Радиационно-опасное загрязнение происходит в нескольких направлениях, а именно при воздействии постоянного естественного радиационного фона, в результате выбросов Чернобыльской аварии, производства ядерной энергии, загрязнение рек и озер, использование строительных материалов с повышенным показателем содержания природных радионуклидов.

На сегодня в Украине приостановлено проведение комплексных мероприятий по снижению радиационного загрязнения в области строительства в связи с отсутствием действенных методов борьбы за экологическую безопасность и за улучшение демографической ситуации в стране.

В качестве способов повышения радиационно-защитных свойств строительных материалов рассмотрены варианты структурных моделей, строительных технологий, внедрение и совершенствование которых является перспективой научного развития строительной отрасли. Для безопасной, экономически целесообразной, системно налаженной эксплуатации строительных конструкций и объектов строительства в целом, неотъемлемым является соблюдение принципов радиационной защиты путем оптимизации ресурсных характеристик соответствующих объектов.

Поэтому выполнен анализ актуальности приведенных способов создания качественных строительных материалов с учетом показателей повышения радиационно-защитных свойств строительных материалов.

Ключевые слова: радиоактивность, строительные материалы, радиационно-защитные свойства, добавки, радиационная стойкость материала, излучения.

Ковальский Виктор Павлович – к. т. н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com ORCID: 0000-0002-3103-6319

Друкований Михайло Федорович — д. т. н., профессор кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет, e-mail: drukovanuy@vntu.edu.ua

Олійник Юлія Григорівна — аспирант кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет, e-mail: yuliaoliynyk3@gmail.com ORCID: 0000-0002-9960-8539