

*Розглянуто питання щодо екологічної безпеки в будівельній галузі. Доведено негативний вплив на організм людини будівельних матеріалів з підвищеним вмістом шкідливих речовин, запропоновано механізми їх визначення та оцінки*

*Ключові слова: бетон, екологічність, радіонукліди, якість, радій*

*Rассмотрены вопросы экологической безопасности в строительной отрасли. Доказано негативное влияние на организм человека строительных материалов с повышенным содержанием вредных веществ, предложены механизмы их определения и оценки*

*Ключевые слова: бетонные конструкции, экологичность, природные радионуклиды, качество, радиевый эквивалент*

*The questions of ecological safety are considered in a build industry. Negative influence is well-proven on the organism of man of build materials with enhanceable maintenance of harmful matters, the mechanisms of their determination and estimation are offered*

*Keywords: concrete constructions, ecofreenliness, natural radionuclide, quality, radium equivalent*

## ОЦІНКА БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**Г.І. Хімічева**

Доктор технічних наук, професор\*

Контактний тел.: 066-299-13-64

E-mail: anna-khimicheva@yandex.ru

**В.В. Молибог\***

Контактний тел.: 066-392-93-55

E-mail: molibog31@mail.ru

**Н.В. Колесіна\***

Контактний тел.: 095-882-05-52

\*Кафедра метрології, стандартизації, сертифікації  
Київський національний університет технологій та  
дизайну

вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ, Україна, 01011

### 1. Актуальність теми

Сьогодні будівельна галузь є однією з найбільш розвинутих галузей промисловості України. Велика кількість товарів та послуг на ринку будівництва вимагає глибокого і детального контролю за показниками якості, безпеки та екологічності. Сучасна екологія являє собою комплекс принципів і підходів, об'єктом дослідження яких є природне середовище в його взаємодії з діяльністю людини, у нашому випадку це стосується галузі будівництва, тобто визначення взаємозв'язків архітектури і екології та вибір на їх основі напрямів діяльності архітектурної екології, що сприятимуть забезпеченню сталого розвитку сучасних міст.

Отже, для підвищення стандартів якості життя потрібно забезпечити екологічну оптимізацію архітектурно-будівельних, конструктивних і технологічних рішень з урахуванням унеможливлення негативних впливів на довкілля. При цьому особлива увага повинна бути приділена питанням якості і безпеки будівельних матеріалів.

### 2. Стан проблеми

На початку XXI століття, у зв'язку розвитком нових технологій, екологічність людського житла повинна розглядатись на протязі всього життєвого циклу, по-

чинаючи з етапу проектування житла і закінчуючи його утилізацією, тому тема даного дослідження є актуальною.

### 3. Мета дослідження

Метою даного дослідження є аналіз чинників, що впливають на екологічну безпеку бетонних конструкцій і визначення механізмів їх оцінки.

### 4. Виклад основного матеріалу

Проведені авторами дослідження доводять, що більше ніж 75% часу людина проводить у тих чи інших приміщеннях (вдома, на роботі, у навчальних закладах, магазинах, медичних закладах тощо), тому до числа чинників, що істотно впливають на її здоров'я, відноситься ступінь екологічності (біопозитивності) середовища будівель, особливо житлових. Під біопозитивністю в даному дослідженні будемо розуміти екологічну безпеку компонентів середовища; тобто огорожувальних конструкцій будівлі, матеріалів, що використовувалися в процесі їх обробки, елементів декору, предметів меблів, тощо.

Згідно з [1, 2] вимоги до санітарного стану житла зросли не тільки у зв'язку з посиленням забруднення зовнішнього середовища, але і у зв'язку із значним

розширенням асортименту будівельних матеріалів, що вживають як державні, так і приватні будівельні організації. Наприклад, якщо будинки, що були побудовані в радянський час, зводилися лише з матеріалів, які передбачені ГОСТами і будівельними нормами, то сьогодні більше ніж 50% всіх будівельних матеріалів на внутрішньому ринку не можна назвати безпечними для здоров'я. Багатьом з них не під силу пройти навіть найпростішу екологічну експертизу. Зокрема використовуючи бетон або бетонні конструкції з нього як основний продукт сучасного ринку будівництва, необхідно визначати вимоги не тільки до його основних будівельних характеристик, але й до показників його екологічності. Відомо, що гранично допустимий рівень радіації для України складає 10-20 мкР/ч [8]. У природі цей рівень рідко перевищує вказану норму. Але якщо додати сюди випромінювання від будівельних матеріалів і конструкцій (бетону, граніту, цегли, штукатурки, шпательовки, кераміки, керамзиту, облицювальної плитки та ін.), то рівень підвищиться у декілька разів.

В роботі [3] встановлено, що у сировині для виробництва бетонних конструкцій містяться мікродомішки ізотопів урану, радію, торію та калію. Підвищена радіоактивність притаманна також цілій низці мінералів, наприклад, граніту, глини та ін. У зв'язку з цим всі матеріали, до складу яких входять природні мінерали, потрібно контролювати за показниками радіоактивності і надавати висновок про їх безпечність.

В роботі [5] показано, що бетон стає небезпечним для людини, після того як в нього додають присадки у вигляді формиату або нітриту натрію, які впливають на швидкість його твердіння. Це пов'язано з тим, що нітрит натрію є сіллю азотистої кислоти. Тому потрапляння його в організм людини, зокрема, при проведенні будівельних робіт, викликає важкі ураження (розширення кровоносних судин, утворення в крові метгемоглобіна) небезпечні для життя.

Розглянемо більш детально питання, пов'язані з екологічною безпекою монолітно-каркасного методу будівництва. Перевагами даного методу є довговічність конструкцій (гарантійний строк яких складає понад 150 років), а також можливість легкого перепланування внутрішніх приміщень. Внаслідок великої сили зчеплення заліза з бетоном обидва матеріали починають працювати як одне ціле (дуже важливо, що бетон і залізо мають однаковий коефіцієнт температурного розширення). Це сприяє тому, що залізобетон стає одним з лідерів серед матеріалів будівельної галузі. Однак з точки зору екологічної безпеки цей матеріал має певні недоліки. Так він негативно впливає на мікрокліматичні параметри зокрема має низьку повітряпроникаючу здатність і низький коефіцієнт теплоопору. У результаті чого порушується тепловологовий режим, який найбільш впливає на комфортні умови перебування людини в приміщенні. Крім того, залізобетонні конструкції можуть бути джерелом іонізуючого випромінювання, тобто надавати соматичний вплив. Ще одним недоліком цього матеріалу є те, що металеві стрижні арматури екранують природне електромагнітне поле Землі, у зв'язку з чим певні групи людей можуть відчувати дискомфорт.

Проведений авторами аналіз показує, що існуюча на сьогодні система контролю за екологічними параметрами будівельних матеріалів, не є вдосконаленою і потребує своєї доробки, зокрема в частині моніторингу властивостей цих матеріалів. Тому в сучасних умовах України дуже важливим є оцінювання будівельних матеріалів за показниками екологічності.

На рис. 1 наведено класифікацію екологічних властивостей матеріалу. З екологічної точки зору, будівельні матеріали характеризуються радіаційно-екологічними та еколого-гігієнічними показниками. В свою чергу, як видно з рисунку, радіаційно-екологічна характеристика поділяється на ефективну питому активність природних радіонуклідів (ПРН) і емануючу здатність матеріалу, а еколого-гігієнічна на токсичність і канцерогенність відповідно.



Рис. 1. Класифікація екологічних властивостей будівельних матеріалів [4]

Проведені дослідження доводять, що великий вплив на людину та її екологічну безпеку становлять будівельні матеріали, які мають в своєму складі речовини з певним вмістом в них природних радіонуклідів. У відповідності з ГОСТ 30108-94, природні радіонукліди (ПРН) - основні радіоактивні нукліди природного походження, що містяться в будівельних матеріалах: радій (226Ra), торій (232Th), калій (40K) [8].

При цьому, згідно НРБ-99 ефективна питома активність (Аеф) природних радіонуклідів в будівельних матеріалах (щебінь, гравій, пісок, бутовий камінь, цементна та цегельна сировина), не повинна перевищувати: для матеріалів, що використовуються для будівництва житлових будівель (I клас) Аеф=370 Бк/кг; матеріалів, для використання в будівництві шляхів у межах населених пунктів, а також при будівництві виробничих споруд (II клас) вона повинна не перевищувати Аеф=740 Бк/кг; матеріалів, для будівництва шляхів поза населеними пунктами (III клас) може досягти значення Аеф=1,5 кБк/кг. Отже, при значенні Аеф =1,5 - 4,0 кБк/кг матеріали повинні визнаватись як брак і не використовуватись. Враховуючи, що на долю заповнювачів у складі бетону відводиться велика частина об'єму, а заповнювачі мають високі значення ефективної питомої активності (гранітний щебінь, керамзитовий гравій, шлаки, золи і ін.), важливим завданням є встановлення впливу різних видів заповнювачів на вміст природних радіонуклідів. Прогнозуван-

ня вмісту природних радіонуклідів в будівельних матеріалах дозволить вже на стадії проектування встановлювати рівень їх безпеки і визначати їх застосування в будівництві.

Згідно з [5] значення середньої дози опромінення населення залежить від середньозваженої Аеф. Тому змінити її можна лише за рахунок перегляду норм будівельних матеріалів, наприклад, шляхом відмови від використання в житловому будівництві матеріалів з високим вмістом природних радіонуклідів. Цього можна досягти шляхом нормування Аеф в матеріалах, що добуваються на окремих родовищах. Дані про величину питомої активності природних радіонуклідів будівельних матеріалів згідно з [5] наведені у табл. 1.

**Таблиця 1**

Величина питомої активності природних радіонуклідів деяких будівельних матеріалів

Будівельний матеріал	Питома активність, Бк/кг			Потужність поглинутої дози в повітрі, нГр/ч
	40 К	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	
Природного походження				
Граніт	1200	100	80	300
Вулканічний туф	1500	130	120	400
Глинисті сланці (заповнювачі в бетоні)	850	1500	70	1450
Промислового походження				
Фосфогіпс з фосфоритів	110	600	<5	540
Цегла	330	280	230	580
Шлак доменний	240	70	20	110

Як видно з таблиці, питомі активності ПРН суттєво відрізняються для різних будматеріалів і вони залежать від місця походження будматеріалу.

Наприклад, показник Аеф в будівельних матеріалах має широкий діапазон значень (від 7 до 4700 БК/кг). При цьому, найбільш високі питомі активності ПРН характерні для порід вулканічного походження (граніт, туф, пемза), а найбільш низькі – для порід осадового походження карбонатних (мармур, вапняк), сульфатних (гіпс, ангідрит). Таким чином, визначено, що серед природних радіонуклідів у будівельних матеріалах переважає калій (40К).

З введенням в дію ГОСТ 30108-94 «Матеріали і вироби будівельні. Визначення питомої ефективної активності природних радіонуклідів» обов'язковою процедурою стало дослідження зразків будівельних матеріалів на питому ефективну активність природних радіонуклідів Радія-226, Торія-232 і Калія-40. Критерієм оцінки, згідно цього стандарту, є питома ефективна активність (Аеф.), по значенню якої встановлюється належність матеріалу до 1, 2 або 3 класу і визначається можлива галузь його застосування. В подальшому, ці характеристики використовуються в гігієнічних сертифікатах на будівельні матеріали.

Слід зазначити, що при виборі будівельного матеріалу з підвищеним фоном радіації, радіаційний фон підвищується і в будинку. Тому, в цьому випадку,

потрібно підрахувати сумарний рівень радіаційного фону від всіх можливих джерел і не допускати, щоб сума навантажень перевищила показник природного фону. Для виконання таких розрахунків потрібно, щоб у нормативних документах на кожен будівельний матеріал вказувались значення радіаційної активності.

Сьогодні, для попередньої оцінки радіаційних властивостей матеріалів використовують радієвий еквівалент. В табл. 2 за даними [9] наведено радієвий еквівалент ізотопів: <sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th для найбільш поширених будівельних матеріалів (приведені дані отримані за результатами дослідження понад 2 500 зразків будівельних матеріалів).

**Таблиця 2**

Радієвий еквівалент широко застосовуваних будівельних матеріалів

Матеріал	Радієвий еквівалент, пКі/г
Будівельний камінь	0,9-15,9
бетон	0,5-10,1
глина	1,4-6,7
цегла глиняна (червона)	2,2-7,0
цемент	0,8-4,3
щебінь	0,1-3,2
вапно	0,1-2,6
пісок	0,2-5,6
Цегла силікатна	0,3-2,8
відходи промисловості і вироби на їх основі	0,9-11,6

Як видно з табл. 2, найбільший радієвий еквівалент має будівельний камінь, тому даний показник будівельного матеріалу потрібно в першу чергу враховувати на етапі проектування нових будівель.

Слід зазначити, що при виборі нового матеріалу потрібно бути дуже обережним, тому що на досить велику їх кількість ще не існує науково обґрунтованих вимог, стосовно їхньої безпеки і екологічності. Наприклад, не має вимог до сухих сумішей для штукатурних і інших підготовчих робіт під остаточну обробку фасадних поверхонь і поверхонь усередині приміщень, не дивлячись на те, що для їх виготовлення практично за всіма рецептурами використовують пісок. У такій ситуації при виборі матеріалів, поки не буде регламентована радіаційна безпека при їх виробництві, доцільно проводити оперативний контроль радіаційних властивостей матеріалу безпосередньо на місці використання.

Слід зазначити, в країнах ЄС теж гостро стоїть питання стосовно визначення безпеки будівельних матеріалів. Так за даними італійських спеціалістів з авторитетного видання „L'Informatore del Marmista”, в ЄС відсутні стандарти і норми, що регламентують вміст радіонуклідів в будівельних матеріалах [6]. Однак, як відомо, розпад радіонуклідів призводить до утворення радону, що має шкідливий вплив на організм людини. Тому для поліпшення такої ситуації Євросоюз підготував спеціальні рекомендації, що

регламентують вміст радону в приміщеннях (на 1 м<sup>3</sup> внутрішнього об'єму): для об'єктів нового будівництва не повинен перевищувати 200 Бк/м<sup>3</sup>, для робочих місць повинен бути не більше 500 Бк/м<sup>3</sup>. Аналогічні показники містяться в рекомендаціях агентства ЕРА (Environmental Protection Agency) США.

Згідно вітчизняних „Норм радіаційної безпеки України” (НРБУ - 97) усередині приміщень, будов і споруд, що експлуатуються з постійним перебуванням людей, враховується не лише емісія радону, але і торону (ізоотоп радону – 220), який більш ніж на порядок небезпечніше радон. Це дає можливість стверджувати, що в Україні забезпечення безпеки будівельних матеріалів знаходиться на належному рівні, а нормативні документи відповідають європейським вимогам.

Таким чином, для забезпечення захисту людини від впливу радіонуклідів, що містяться у будівельних матеріалах. Доцільно проводити наступні роботи:

1) створювати умови, за яких опромінення людей у житлових та виробничих приміщеннях не повинно перевищувати нормативів, затверджених в установленому порядку;

2) проводити вибір земельних ділянок для зведення будинків і споруд з урахуванням рівня виділення радону із землі та рівня гамма-випромінювання;

3) розробляти проектну документацію на будівництво будинків і споруд з урахуванням захисту людей від надходження радону в повітря цих будівель та споруд;

4) контролювати експлуатацію будинків та споруд з урахуванням вмісту в них радону і рівня гамма-випромінювання;

5) не застосовувати будівельні матеріали і вироби з них, що не відповідають вимогам захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань;

6) змінювати характер використання будинків і споруд, якщо реальні дози опромінення людини перевищують нормативи, затверджені в установленому порядку;

7) проводити моніторинг вмісту радіонуклідів, що містяться в будівельних матеріалах та приймати будинки і споруди в експлуатацію тільки з урахуванням вмісту радону в будинках та спорудах і рівня гамма-випромінювання.

---

## 5. Висновки

---

1. Аналіз сучасного рівня екологічної безпеки будівельних матеріалів, зокрема залізобетонних конструкцій, показав, що на даний час в Україні не достатньо уваги приділяється питанню контролю і оцінці цих матеріалів за показниками безпеки.

2. Показано, що для будівництва та оздоблення будівель потрібно вибирати матеріали з низьким вмістом природних радіонуклідів, випромінювання яких відповідає стандартам «Норм радіаційної безпеки» (НРБ-99) та вимогам ГОСТ 30108-94 "Матеріали і вироби будівельні. Визначення питомої ефективної активності природних радіонуклідів".

---

## Література

1. Концепція захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій. Затверджено Указом Президента України від 26 березня 1999 р. № 284-99 [Текст] – 1999. – с.30-39.
2. Концепція управління охороною праці [Текст] // Партнер.- 2001 с. 11-14.
3. Смирнов В.П. Радиационный фон естественных радионуклидов строительных материалов [Текст] / Смирнов В.П., Игнатов С.М., Уруцкоев Л.И., Чесноков А.В. Строительные материалы, №4, 1999, с. 17-19.
4. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений [Текст] / Крисюк Э.М. Титов В.К., Лучин И.А., Лашков Б.П. // М.: Энергоатомиздат, 1989. с. 120.
5. Пархоменко В.И. Радиоактивность различных строительных материалов [Текст] / Пархоменко В.И., Еркін В.Г., Лебедев О.В., Балонов М.И. // Радиационная гигиена.- Ленинград, 1980.-№9.- с. 22-28.
6. Флора Л. Журнал „L'Informatore del Marmista” [Текст]: пер. з італ. / № 468, 2001 с. 39-40.
7. НРБ-99 "Норми радіаційної безпеки" [Текст]. – Введ. 1999-08-17. - М. : Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, 1999. - 32 с.
8. ГОСТ 30108-94 "Матеріали і вироби будівельні. Визначення питомої ефективної активності природних радіонуклідів « [Текст]. – Введ. 1995-01-01. - М. : МНТКС, 1994. - 32 с.