

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ
XVIII МІЖНАРОДНА НАУКОВО -ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ “ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА: ПРОБЛЕМИ І
ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ”
(Харків, 15-16 вересня 2022р.)



ЧИ ПОТРІБНО ЗМІНЮВАТИ АНТРОПОЦЕНТРИЧНУ ПАРАДИГМУ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ БІОТИ ПРИ СИТУАЦІЯХ ЗАПЛАНОВАНОГО ОПРОМІНЕННЯ

Барбашев С.В.

Доктор технічних наук, професор кафедри АЕС,
Національний університет “Одеська політехніка”



Короткий опис проблеми



До теперішнього часу системи радіаційного захисту людини та навколишнього природного середовища будуються на антропоцентричному принципі, суть якого полягає в тому, що, якщо від дії іонізуючих випромінювань захищена людина, то в умовах захищеності знаходиться і природне середовище.

Однак, в останні роки у теоретичному відношенні у галузі розробки основних положень стратегії радіаційного захисту докільця намітилося зрушення основної парадигми (системи поглядів) – від антропоцентричної до екоцентричної.

Актуальність досліджень



Правильність застосування антропоцентричного підходу до радіаційного захисту не викликає сумніву у фахівців і його результати вже давно використовуються на практиці, тоді як екоцентричні підходи до нормування опромінення природних об'єктів почали обговорюватися відносно недавно. Тому дослідження, направлені на вироблення чітких заходів щодо охорони екосистем від радіаційного опромінення та створення відповідних екологічних нормативів, є актуальними.



Мета дослідження

З'ясувати, який принцип радіаційного захисту, антропоцентричний або екоцентричний, буде забезпечувати надійний захист біоти у ситуаціях запланованого опромінення.

В основу досліджень покладено запропоновану автором із співробітниками модель радіаційної ємності ландшафту та його компонентів, які притаманні території зони спостереження атомної електричної станції, про що ми докладно розповідали на XVI конференції “Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення” у 2020 році.

Модель радіаційної ємності ландшафту та його компонентів



Радіаційна ємність ландшафту – це активність радіонуклідів (РН), накопичених за час, протягом якого вміст РН в ландшафті прийде в рівновагу з їх вмістом у сполучених компонентах, що становлять даний ландшафт, при параметрах міграції РН, властивих ландшафтним компонентам.



Суть поняття радіаційної ємності, застосованого до ландшафту в цілому та його елементів, полягає в тому, що на відміну від концентрації, радіоємність враховує розміри та властивості ландшафту та його компонентів та дозволяє врахувати масштаби міграції радіонуклідів та їх максимальне накопичення в них, яке зіставляється з рівнем негативного впливу забруднювачів на людину або біоту, що знаходиться на поверхні або в обсязі ландшафтного елемента.



Формула для розрахунку радіаційної ємності

Практично радіаційну ємність ландшафту (R_{ki} , Бк) зручно представляти як суму інтегралів:

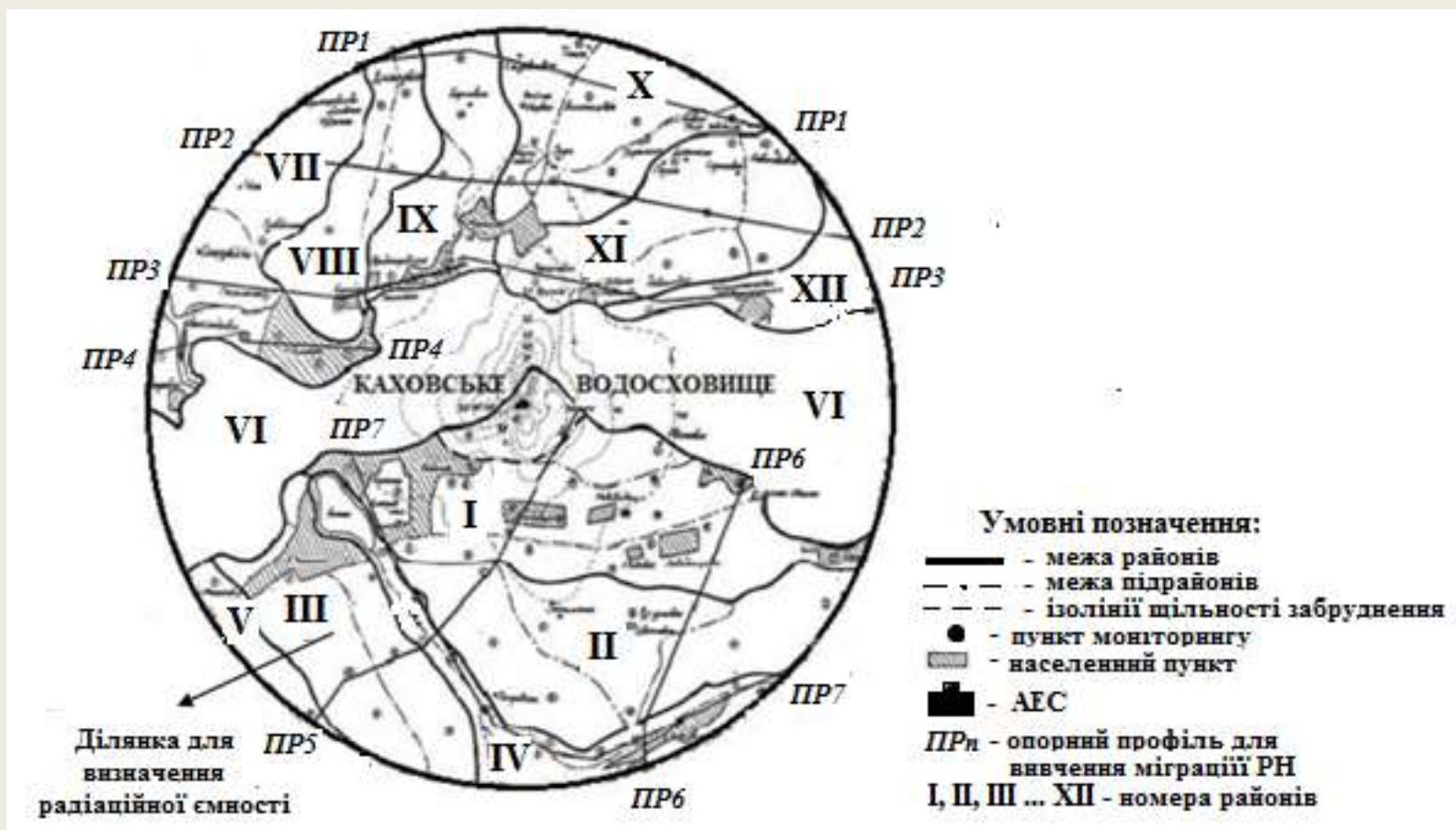
$$R_{ki} = \sum_j \int K_{ij} q_{ij} dS,$$

де підсумовування проводиться за усіма j -ми шляхами надходження РН в k -й ландшафтний компонент, а інтегрування береться по усій території (S , m^2), що зазнала впливу i -го джерела; K_{ij} , м/рік - коефіцієнт, який визначає швидкість міграції РН в ландшафтному компоненті; q_{ij} - об'ємна активність РН, що утворилася в ландшафтному компоненті від i -го джерела по j -му шляху, Бк/ m^3 за час, протягом якого настає рівновага.

Наведена формула дозволяє спростити розрахунок радіаційної ємності ландшафту, представивши її у вигляді лінійної комбінації радіаційних ємностей окремих його компонентів.



Карта-схема районування зони спостереження Запорізької АЕС та розташування ділянки для визначення радіаційної ємності





Радіоекологічна ємність ландшафтного елементу

Ділянка, для якої розраховувалася радіоемність, відноситься до одного з районів (Ш), який був виділений при районуванні зони спостереження ЗАЕС. Вона складається в основному з чорноземів звичайних малогумусних, з мінімумом рослинного покриву. Тому ландшафтним компонентом, для якого визначалась радіаційна ємність, був вибраний ґрунт.

Розрахунок виконувався відносно радіологічно небезпечного з точки зору впливу на людину і біоту радіонукліда ^{137}Cs , який викидається з АЕС при штатній роботі (ситуація запланованого опромінення).

За умови сталості та рівномірності потоку радіонуклідів на ґрунт та досягнення рівноваги між їх осадженням і поглинанням шаром ґрунту за рік в обсязі ґрунтового покриву утворюється об'ємна активність ^{137}Cs , що дорівнює $1,25 \cdot 10^3$ Бк/м³.

При площі ділянки $1,2 \cdot 10^8$ м², радіоемність (активність) його ґрунтового шару по відношенню до ^{137}Cs , яка буде сформована за рік, складе $\approx 10^9$ Бк, а **максимальна радіоемність ґрунтового шару товщиною $\approx 0,1$ м, в якому накопичується станційний цезій, буде дорівнювати $\approx 10^{10}$ Бк.**



Потужність дози зовнішнього опромінення населення

На основі даних про радіємність ґрунту нами визначена потужність дози зовнішнього опромінення населення, яке проживає на території вибраної ділянки, за рахунок γ - активності радіонукліда ^{137}Cs , накопиченого за рік в поверхневому шарі ґрунту.

Розраховане значення потужності поглиненої дози становило 40,0 мкГр/рік, що збігається із встановленою НРБУ-97 квотою ліміту еквівалентної дози опромінення осіб категорії В за рахунок викидів АЕС (40 мкЗв/рік). **Це означає, що радіаційно-гігієнічний норматив для групи осіб категорії В, яка мешкає в досліджуваному районі зони спостереження ЗАЕС, виконується.**

Якщо узагальнити дані про радіаційну ємність всіх компонентів ландшафтів, які є в зоні спостереження АЕС, то можна визначити безпечний для людини рівень максимального накопичення радіонуклідів на території навколо АЕС, яка працює в штатному режимі, тобто провести радіаційно-гігієнічне нормування.



Радіаційний ризик зовнішнього опромінення людини, оцінений на основі радіаційної ємності

Довічний радіаційний ризик від техногенного опромінення протягом року від зовнішнього опромінення $R_{ext,si}$, обумовленого радіонуклідом, що міститься у ґрунті, рекомендується визначати за формулою:

$$R_{ext,si} = r_{ext,si} \times T_{stay} \times C_{soil,i}$$

де $r_{ext,si}$ – коефіцієнт радіаційного ризику при забрудненні ґрунту і-м радіонуклідом;

T_{stay} - частка часу (з розрахунку на один рік), що проводиться на відкритій місцевості без захисту;

$C_{soil,i}$ - питома активність і-го радіонукліду у ґрунті, Бк/кг.

Підставляючи у формулу для визначення ризику відповідні значення параметрів ($r_{ext,si} = 9 \times 10^{-5}$ кг / рік · Бк , T_{stay} приймаємо рівним 0,3, $C_{soil,i}$ беремо з розрахунків радіоємності, маючи на увазі, що це значення питомої активності відноситься до всього ландшафтного компоненту, питома вага чорнозему - 10^3 кг/м³), отримуємо:

$$R_{ext,si} = 6,9 \times 10^{-5} \text{ кг / рік} \cdot \text{Бк} \times 0,3 \times 1,25 \text{ Бк / кг} = 2,6 \times 10^{-5} \text{ 1 / рік.}$$

Це значення не перевищує величини індивідуального довічного ризику для населення в умовах нормальної експлуатації АЕС, наведеного в НРБУ-97 ($5,0 \times 10^{-5}$).



Радіаційний ризик зовнішнього опромінення наземної біоти, оцінений на основі радіаційної ємності

Будемо вважати, що такий ризик формується за рахунок забруднення ґрунту ^{137}Cs . У ролі представницького об'єкту біоти виберемо гризунів (миші, кроти), які відносяться до ссавців та хребетних тварин.

Відповідно до рекомендацій Публікації 108 МКРЗ, радіаційний ризик для біоти оцінюють за формулою:

$$R_j = D_j / RD ,$$

де D_j - потужність дози опромінення j -го представницького об'єкту біоти, Гр/добу (в нашому випадку, як і для людини це 40 мкГр/рік – значення, яке одержано за допомогою даних про радіоємність); RD – контрольний рівень екологічно безпечного опромінення організмів біоти, що дорівнює 0,001 Гр/добу для ссавців, хребетних тварин і сосни.

Підставляючи в формулу числові значення для співмножників, отримуємо, що **радіаційний ризик наземної біоти від зовнішнього опромінення, обумовленого радіонуклідом ^{137}Cs , що міститься в ґрунті, дорівнює $1,1 \times 10^{-4}$ рік $^{-1}$.**

Порівнюючи значення радіаційного ризику для біоти із значенням індивідуального радіаційного ризику для людини в умовах нормальної експлуатації АЕС, бачимо що при однаковому викиді РН величина радіаційного ризику для біоти на порядок більша.



Оцінювання екологічно безпечних викидів АЕС

Розрахунок екологічно безпечних викидів АЕС для наземної біоти було виконано на основі припущення про те, що при штатних викидах, тобто при ситуації запланованого опромінення, відношення радіаційних ризиків від опромінення людини і біоти прямо пропорційні відношенню викидів, які утворюють ці ризики.

Таким чином, припускаємо, що:
$$\frac{R_{\text{ext}}}{R_j} \approx \frac{A_{\text{ext}}}{A_j}$$

де: R_{ext} - радіаційний ризик зовнішнього опромінення населення. У нашому випадку $R_{\text{ext}} \approx 10^{-5}$ 1/рік.

R_j - радіаційний ризик зовнішнього опромінення біоти. У нашому випадку $R_j \approx 10^{-4}$ 1/рік.

A_j - річний викид ^{137}Cs з АЕС, який спричиняє небезпеку (ризик) біоті.

A_{ext} - річний викид ^{137}Cs з АЕС, що спричиняє ризик людині, який відповідає R_{ext} .

У нашому випадку $A_{\text{ext}} \approx 10^7$ Бк/рік, тобто дорівнює реальному середньому викиду ^{137}Cs із ЗАЕС за 2008-2018 роки.

Звідси $A_j \approx 10^8$ Бк /рік. Це означає, що річний викид ^{137}Cs з АЕС, який буде спричиняти ризик біоті (ссавцям) приблизно на порядок перевищує рівень реальних викидів, які спричиняють ризик для людини.



Висновки (1)

Для з'ясування того, який принцип радіаційного захисту, антропоцентричний або екоцентричний, буде забезпечувати надійний захист біоти у ситуаціях запланованого опромінення, в роботі:

1. Запропоновано модель радіаційної ємності ландшафту та його компонентів, яка враховує розміри і властивості як ландшафту, так і його компонентів й дозволяє врахувати масштаби міграції радіонуклідів між компонентами, які є складовими ландшафту в цілому.

2. Показано, що, знаючи радіаційну ємність ландшафтних компонентів, можна

- визначити рівень максимального накопичення радіонуклідів у компонентах екосистеми, яка перебуває у зоні впливу АЕС, і, зіставляючи його з існуючими нормативами радіаційного впливу на ці компоненти, зробити висновок про необхідність застосування тих чи інших заходів протирадіаційного захисту;

- отримати значення радіаційного ризику від зовнішнього опромінення для населення та наземної біоти, що знаходяться на території зони спостереження АЕС;

- визначити величину викиду радіонуклідів з АЕС, який забезпечує безпечне існування наземної біоти (екологічне нормування) і людини (гігієнічне нормування).

3. Показано, що при однаковому викиді РН з АЕС величина радіаційного ризику для біоти на порядок більша, а річний викид ^{137}Cs з АЕС, який буде спричиняти ризик біоті (ссавцям), приблизно на порядок перевищує рівень реальних викидів, які спричиняють ризик для людини, тобто свідчить про те, що людина є більш радіочутливою, ніж досліджувана біота.



Висновки (2)

Наведені у доповіді підходи до визначення радіаційної ємності ландшафтного компоненту, радіаційного ризику для людини і біоти, а також екологічно безпечного викиду АЕС, та отримані результати носять попередній, ілюстративний характер, але, тим не менш, наводяться, щоб продемонструвати один з можливих шляхів практичної реалізації рекомендацій Публікації 103 МКРЗ щодо застосування екоцентричного принципу забезпечення радіаційної безпеки навколишнього природного середовища.

Якщо подальші дослідження для різних видів біоти, різних радіонуклідів, різних компонентів ландшафту, опромінення як зовнішнього, так і внутрішнього, підтвердять зазначені у п.3 висновків результати, то це може стати ще одним доказом того, що при ситуації запланованого опромінення (штатна робота АЕС) антропоцентричний принцип протирадіаційного захисту може бути застосований також й для захисту біоти, тобто буде свідчити про відсутність підстав для відмови від гігієнічного принципу радіаційного захисту на користь екологічного. Але на нашу думку такий висновок не безперечний для ситуацій аварійного та існуючого опромінення і потребує підтвердження.

Дякую за увагу!

