

СИСТЕМНІ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ENVIRONMENTAL AND ENERGY SYSTEM RESEARCH

УДК 504.064.3

О.А. Дорож, канд. техн. наук

В.І. Ковальчук, канд. техн. наук

Одеський національний політехнічний університет

СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АЕС

Виконано аналіз функціонування систем радіаційного моніторингу на атомних електростанціях України. Проаналізовано дані про аналогічні системи, що діють в інших країнах. Оцінено взаємозв'язок енергонапруженості територій і контрольованих площ.

Ключові слова: радіаційний моніторинг, система контролю, атомна електростанція.

Вступ. Різного рівня аварії на АЕС з вибитком радіації (АЕС «Три-Майл-Айленд» у США, «Челябінськ-40» в 1957 р., Ленінградська АЕС в 1970 р.) і техногенні катастрофи Чорнобиля та Фукусіми сприяли формуванню негативної громадської думки щодо ядерної енергетики. Однак вона залишається суттєвою складовою енергетичного виробництва. При загальній світовій генерації 20269 ТВт·год частка АЕС перевищує 13 % [1].

У 2016 р. в 31-й країні світу експлуатувалися 449 енергоблоків 191 атомної електростанції з загальною електричною потужністю близько 392 088 МВт [2]. 60 енергоблоків знаходяться в стадії будівництва. Більше 160 енергоблоків закриті [3].

Територіальне розміщення станцій неоднорідне. Найбільш щільно заселені Східне узбережжя США ($3,7 \cdot 10^{-5}$ 1/км²), Західна Європа ($2,7 \cdot 10^{-5}$ 1/км²) і Японія ($14,8 \cdot 10^{-5}$ 1/км²).

На думку експертів [4]:

- за нормальних умов експлуатації ядерна енергетика і поновлювані системи мають тенденцію займати нижню область спектра ризику для здоров'я, а енергетичні системи, що використовують вугілля і вуглеводні, знаходяться у верхній області цього спектра;

- ризики для здоров'я від важких аварій на АЕС і ТЕС на нафті і газі мають один порядок величини і на два порядки менше, ніж ризик від гідравлічного способу отримання енергії (наприклад, Саяно-Шушенська ГЕС).

Можливість виходу радіоактивних речовин за межі контрольованих зон підприємств паливного циклу безумовно створює загрозу на великих територіях для довкілля, обумовлює необхідність робити комплекс заходів щодо забезпечення безпеки населення. Складування відходів може призвести до їх витоку з місць поховання зараз або в майбутньому. Тому актуальним завданням є організація і функціонування систем моніторингу радіаційної обстановки в районах розміщення АЕС, а також на інших територіях з урахуванням перспектив розширення географії ядерних генерацій.

Метою роботи є оцінка зв'язку енергонапруженості територій розміщення АЕС і контрольованих площ, а також аналіз забезпеченості територій розміщення АЕС радіаційним моніторингом.

Об'єкт і вихідні матеріали досліджень. Об'єктами дослідження є системи радіаційного моніторингу, що функціонують на американському і європейському континентах, в країнах СНД в межах контрольованих територій розміщення АЕС, а також країн, що розвивають ядерну енергетику. Були використані офіційні матеріали, розміщені на сайтах електростанцій, а також опубліковані матеріали про аналогічні системах моніторингу в країнах колишнього СРСР і ін.

Метод дослідження.

Радіаційно-екологічна складова моніторингу має три основних напрямки:

- оцінка і контроль радіаційного стану приземного шару атмосфери, компонентів наземних і водних екосистем, продуктів харчування та ін.;

- вивчення впливу на навколишнє середовище техногенних об'єктів, місць зберігання та захоронення радіоактивних відходів і ін.;

- спостереження за міграцією радіонуклідів в компонентах навколишнього середовища з метою прогнозування зміни радіаційної обстановки.

© О.А. Дорож, В.І. Ковальчук, 2017

Системи регулярних тривалих спостережень, виявлення та оповіщення створюються на внутрішньодержавному рівні і в рамках міжнародного співробітництва.

У Великобританії функціонують дві національні системи моніторингу і ряд автономних. Засоби оповіщення та моніторингу UKWMOB призначені для ситуацій радіоактивного ураження. Інформація про ядерні вибухи надходить на пункти управління від 872 постів моніторингу (територія Великобританії розділена на 5 секторів, в кожному 5 груп по 35 постів моніторингу). У кожній групі пункт управління збирає інформацію від постів моніторингу і оповіщає про загрозу випадання радіоактивних опадів.

Загальнодержавна мережа моніторингу витоку радіоактивних речовин, створена в рамках національної програми 1987 р, базується на 80-90 метеорологічних станціях країни RIMNET.

Навколо підприємства з переробки і зберігання відпрацьованого ядерного палива в Селлафілде встановлена автоматизована система радіаційного моніторингу з 37 постів компанії BRITISH NUCLEAR FNOEL.

У Німеччині функціонує інформаційна система федерального уряду «Радіоактивність навколишнього середовища». Вона забезпечує:

- безперервне спостереження за радіоактивністю в навколишньому середовищі;
- завчасне виявлення та оцінку можливих подій при невисоких рівнях впливу радіоактивних речовин;
- постійне прогнозування обстановки при аналогічних випадках з урахуванням впливу радіоактивних речовин на населення;
- отримання даних про наслідки впливу на населення високих рівнів радіоактивності навколишнього середовища.

Інтегрована система контролю радіоактивності на території країни тріступенева:

- 1) вимірювальні пости визначення радіоактивності в навколишньому середовищі;
- 2) збір, обробка та документування даних від постів адміністративними установами країни;
- 3) систематизація та оцінка спостережень радіоактивності центральною станцією країни.

Число вимірювальних постів, віддалених приблизно на 13 км один від одного, близько 2000.

У США навколо кожної АЕС є 16 дозиметричних приладів «Сентр RCE-1012» на відстані приблизно 4 км від майданчика АЕС по одному в кожному секторі кола, розраховані на реєстрацію γ -випромінювання. Створюється автоматична система контролю газів, що виділяються АЕС. Інформація концентрується в командному пункті управління ядерної безпеки штату.

У Франції розроблена бортова система аерозйомки рівнів радіації на поверхні Землі. Вона служить для виявлення точкових джерел іонізуючого випромінювання або радіоактивного забруднення великих площ.

Для оцінки і зіставлення систем моніторингу доцільно використання відносних показників енергонапружності територій (F) і питомих контрольованих площ (E).

Під енергонапружності територій F розуміється відношення потужності енергооб'єктів до площі обслуговується їм території:

$$F = \frac{\sum N_i}{S},$$

де $\sum N_i$ - сумарна потужність енергооб'єкту; S - площа території, що обслуговується.

Питома контрольована площа E є відношення площі території, що обслуговується енергооб'єктом, до кількості постів контролю радіаційної обстановки

$$E = \frac{S}{n}.$$

Узагальнені дані по системам моніторингу радіаційної обстановки в різних країнах наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Узагальнені дані по системам моніторингу радіаційної обстановки і енергозабезпечення

Країна	Встановлена потужність ядерних блоків, МВт	Територія, тис. км ²	Населення, млн. чол.	Кількість постів	Енергонапруженість, МВт/тис.км ²	Розмір контрольованих площ, тыс.км ² /пост	Енергоозброєність, МВт/млн.чол.
Болгарія	2722	110,9	7,32	26	24,5	4,27	371,7
Великобританія	12020	130,3	49,99	996	92,2	0,13	240,4
Німеччина	20643	357,0	82,60	2000	57,8	0,18	249,9
Фінляндія	2656	337,0	5,10	35	7,88	9,63	520,8
США	99096	9400,0	250,00	1664	10,5	5,65	396,4

Аналіз колонок 6 і 7 дозволяють відзначити наявність кореляції їх даних.

На рис. 1 наведені узагальнені дані, що зв'язують ці показники, для деяких європейських держав. Залежність включає як дані для територій держав в цілому (Німеччина, Великобританія), так і для спостережуваних площ, прилеглих до АЕС (Росія та ін.).

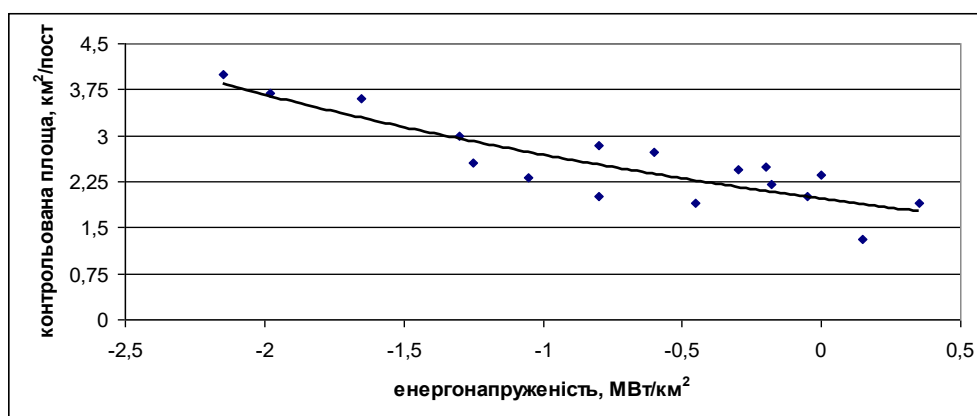


Рисунок 1 – Вплив енергонапруженості на розмір контрольованої території

Спільний аналіз даних, дозволяє відзначити стійку їх кореляцію. У логарифмічних координатах цей зв'язок досить коректно апроксимується експонентою з коефіцієнтом кореляції близько 0,7.

Залежність має обернено пропорційний характер і практично охоплює весь інтервал використаних статистичних даних співвідношенням виду

$$F = 1,9846 \cdot E^{-0,3254}$$

де F - енергонапруженості території, МВт/км²; E - контрольована площа, км²/пост.

Результати досліджень і їх аналіз.

Наведені відносні показники дозволяють відзначити, що за досить високої енергонапруженості територій Великобританії і Німеччини (50 - 90 МВт/тис.км²) має місце порівняно низька енергоозброєність населення (240 МВт/млн.чол.). При цьому на кожен пост контролю радіаційної обстановки припадає менше 200 км².

У США за близьких значеннях енергонапруженості спостерігається велика енергоозброєність населення і більш ніж в два рази більша територія, контрольована одним постом радіаційного стану.

У радянських проєктах АЕС (Болгарія, Фінляндія) контрольована одним постом територія близька до американських проєктів, ідеологія яких передбачає моніторинг тільки прилеглих територій, на відміну від системного підходу європейських проєктів.

Аналіз аналогічних даних по АЕС України (табл. 2) показує, що енергонапруженості зони спостереження пропорційна встановленої потужності і не перевищує 2 МВт/км². Мінімальна вона на Хмельницькій станції, де є всього два енергоблоки. При розрахунку параметрів Чорнобильської станції з урахуванням збільшення зони спостереження до 60 км енергонапруженість не перевищує 0,4 МВт/км².

На АЕС України спостереження за рівнем радіоактивного забруднення ведуться за допомогою автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки (АСКРО) - зазвичай на проммайданчику АЕС і в 30-ти кілометровій зоні [5 - 8].

АСКРО включає:

- пости контролю потужності γ -доз на території АЕС, в санітарно-захисній зоні та в 30-ти кілометровій зоні;
- автоматизовані метеостанції (температура і відносна вологість повітря, швидкість і напрям вітру, атмосферний тиск, кількість опадів, температура ґрунту і поверхні води);
- метеолокатори висотного контролю;
- пересувні лабораторії радіометричного і γ -спектрометричного аналізу проб води та повітря, щільності забруднення поверхні радіонуклідами.
- Концепція моніторингу російських і американських проектів передбачає контроль тільки прилеглих до станції територій, розділених на три зони:
 - проммайданчик, де знаходиться безпосередньо реактор і інші споруди;
 - санітарно-захисна зона - в радіусі 3 км навколо станції, в якій заборонена будь-яка господарська діяльність (випас худоби, вирощування сільгосппродукції і т.п.);
 - зона спостереження – 30 км, в якій здійснюється ретельний контроль впливу АЕС на навколишнє середовище.

Радіаційний стан зони спостереження станцій контролюється згідно «Регламенту радіаційного контролю АЕС».

Система моніторингу на проммайданчиках АЕС і в прилеглих територіях є невід'ємною частиною системи контролю та управління станцій, що забезпечують їх екологічну безпеку.

Радіаційний моніторинг в районі розміщення АЕС ведеться з моменту закладки проммайданчика, коли виконуються фонові виміри радіоактивності основних природних об'єктів.

Таблиця 2 - Параметри зон спостереження та відповідні їм показники систем контролю радіаційної обстановки АЕС України

Параметр	АЕС					
	Запорізька	Рівненська	Хмельницька	Южноукраїнська	Чорнобильська	
					розширен.	стандарт.
Пункти, один.	36	29	19	11	146	146
Територія, км ²	3000	3000	2826	3000	11304	3000
Населення, тис.чол.	300	130	200	180	200	200
Потужність, МВт	6000	2880	2000	3000	4000	4000
Енергонапруженості, МВт/тис. км ²	2000	960	710	1000	350	1330
Забезпеченість, км ² /пост	83,33	103,4	148,74	272,73	77,42	20,55

Порівнюючи ці показники з даними для європейських станцій по країнам в цілому (див. табл. 1), можна відзначити, що для України в цілому енергонапруженості території відповідає помірним значенням і вдвічі перевищує цей показник для високорозвинутої індустрії США, але при цьому в 2 - 4 рази менше, ніж в розвинених країнах Євросоюзу.

Енергоозброєність населення ядерною енергією однакова з показником для Великобританії і Німеччині.

Територія, контрольована одним постом, в два рази менше ніж в США, але на порядок більше ніж в провідних європейських системах.

Аналогічна картина спостерігається і для кількості населення, що припадає на один пост контролю і контрольованою одним постом встановленої потужності.

Автоматизовані системи контролю за радіаційною обстановкою станцій відрізняються між собою територією, контрольованою одним постом. Найгіршим слід вважати ситуацію на Южно-Українській АЕС, де на один пост контролю доводиться майже 300 км². Найкращим чином справа йде на Запорізькій АЕС і в зоні відчуження.

Зіставляючи їх з аналогічними показниками окремих регіонів Російської Федерації (табл. 3), видно, що для зон спостереження вітчизняних станцій забезпеченість контролю територій в 2 - 8 разів вище, хоча абсолютна забезпеченість постами контролю порівнянна. Зазначену відміну, швидше за все, обумовлено відмінністю розмірів регіонів, прийнятих для порівняння.

Таблиця 3 - Параметри зон спостереження та відповідні їм показники систем контролю радіаційної обстановки АЕС Росії

Параметр	Регіони та АЕС					
	Кольський	Ленінградський	Мурманський	Смоленський	Москва	Курська
Населення, тис.чол.	31	16	23	16	52	29
Потужність, МВт	31,4	15,4	15,4	5,0	7,8	7,8
Енергонапряженності, МВт/тис. км ²	1760	4000	2000	3000	1000	4000
Забезпеченість, км ² /пост	56,1	260	130	597	127	510
Пункти, один.	1,01	0,962	0,669	0,314	0,151	0,271

Висновки. У роботі виконано порівняльний аналіз функціонування систем радіаційного моніторингу на території України і в інших країнах (РФ, країни ЄЕС, США). В результаті виконаного дослідження можна зробити наступні висновки:

- системи радіаційного моніторингу України в частині АЕС базуються на сучасних автоматизованих системах контролю за радіаційною обстановкою;
- забезпеченість територій АЕС, що підлягають спостереженню, відповідає сучасному світовому рівню користувачів ядерної енергії;
- відсутність інформації про засоби моніторингу інших підприємств ядерного паливного циклу дозволяє припускати низький рівень ефективності моніторингу або відсутність як такого

Список використаної літератури

1. IAEA INFORMATION 2010
2. <https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>
3. <http://www.iaea.org/pris/>
4. Бликс Х. Атомная энергия и окружающая среда // Экологические системы, 2005, № 8, С. 5 - 7.
5. Офіційний веб-сайт ВП «Хмельницька АЕС» www.xaes.org.ua
6. Офіційний веб-сайт ВП «Запорізька АЕС» www.npp.zp.ua
7. Офіційний веб-сайт Рівненської АЕС www.rnpp.rv.ua
8. Чугай А.В., Ковальчук В.И Системы радиационного мониторинга в Украине // Український гідрометеорологічний журнал, 2010, №7, С. 10-15.

O. Dorog, Cand.Sc. (Eng.)

V. Kovaltchuk, Cand.Sc. (Eng.)

Odessa national polytechnic university

SYSTEMS OF RADIATION MONITORING

The analysis of functioning of the systems of the radiation monitoring on the atomic power station of Ukraine is executed. Information about similar systems operating in other countries is analysed. Intercommunication of energy tension of territories and controlled areas is appraised.

Keywords: radiation monitoring, checking system, atomic power station.

Надійшла 01.03.2017

Received 01.03.2017