

РАДІАЦІЙНІ РИЗИКИ ПОЗАМЕЖНИХ АВАРІЙ РАДІАЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Кочанов Е. О.¹, Ковальчук І. М.², Литвинов Ю. С.², Бархатов О. М.²¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна²Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Розглянуті теоретичні способи оцінки ризиків, які виникають в процесах позамежних аварій на радіаційно небезпечних об'єктах з використанням імовірнісних аналізів безпеки, які мають свою специфіку і розділяються в залежності від стану АЕС, а також від видів розглянутих вихідних подій на АЕС та факторів зовнішнього впливу.

Постановка проблеми. Сучасна економіка вимагає великої кількості енергії для різноманітних споживачів. Запаси урану, якщо порівняти їх із запасами вугілля, не настільки вже й великі, але уран на одиницю ваги містить в собі енергії в мільйони разів більше, ніж вугілля. Проте використання для виробництва електроенергії сучасних ядерних енергетичних реакторів пов'язано з ризиком виникнення позамежних аварій. Виникає необхідність оцінки можливих наслідків впливу іонізуючих випромінювань на різноманітні об'єкти, а також наслідків для майбутніх поколінь з використанням теорії радіаційних ризиків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розвиток ядерної енергетики завжди пов'язаний з виникненням небезпечних аварійних ситуацій. І не існує повної гарантії, що всі вони матимуть локальний характер і не призведуть до наслідків, подібних Чорнобильським і Фукусіми. На атомних станціях світу за останнє десятиліття все ж таки виникали аварійні ситуації різного характеру та складності [3, 4]. Тому в мирний час найбільш небезпечним при руйнуванні є об'єкти атомної енергетики. На території України знаходяться 4 діючі атомні електростанції (АЕС) і Чорнобильська АЕС, яка виведена з експлуатації та ряд баз зберігання радіаційних відходів. Гострим є питання щодо оцінки масштабів наслідків аварій для здоров'я населення, які мали місце і потенційно можливих на ядерних об'єктах.

Мета статті. Запропонувати методологію оцінки радіаційних ризиків населення, внаслідок можливих аварій на радіаційно небезпечних об'єктах.

Основні результати дослідження. Радіаційно небезпечні об'єкти (РНО) – це об'єкти наукового, промислового та військового призначення окремі системи, блоки та пристрої, які перетворюють енергію ядер в електричну або інші види енергії, а так само підприємства, що використовують в технологічних процесах активні радіаційні матеріали.

Радіаційні ризики при нормальній експлуатації даних об'єктів по всьому ланцюгу ядерно-паливного циклу для населення, персоналу та навколишнього середовища при сучасному рівні ядерних технологій давно нижче можливостей їх практичного виявлення, незважаючи на найбільш чутливу систему радіоекологічного та радіаційного моніторингу і жорстку систему медичного контролю [2, 4].

Відомо, що найбільш чутливим до опромінювання є ядро клітини, а найбільші наслідки викликає ушкодження ДНК, що містить спадкову інформацію.

Детерміновані ефекти – променеві ураження органів і тканин – мають пороговий характер і можуть клінічно виявлятися при рівнях однократного опромінювання окремих органів в дозі понад 0,15 Грей, або хронічного багаторічного опромінювання при потужності ефективної дози понад 0,15 Зв/рік. Променева хвороба людини може розвинутиися при опроміненні кісткового мозку понад 0,5 Грей, або при хронічному багаторічному опроміненні при потужності ефективної дози понад 0,4 Зв/рік [1, 3, 4].

Вважається, що приблизно 90 % радіаційних пошкоджень відновлюється. В останні роки в радіобіології зроблений цілий ряд відкриттів, які показують, що механізми біологічних ефектів малих і великих доз опромінювання можуть принципово відрізнятися. При дії малих доз радіації встановлені такі специфічні ефекти, як адаптивна відповідь, ефект свідка, радіаційно-індукована нестабільність геному, апоптоз, ефект надчутливості до малих доз. Встановлено, що малі дози радіації активують апоптоз. А біологічне значення апоптозу (програмувана загибель клітин), полягає в елімінації з опроміненого організму клітин, що мають не відновлені або неправильно відновлені пошкодження ДНК. Надчутливість до малих доз радіації визначається першорядністю процесів альтерації (пошкодження) ДНК і клітинних мембран, по досягненні певного числа і якості яких включаються різноманітні механізми їх репарації (відновлення).

Відповідно до загальноприйнятої консервативної радіобіологічної гіпотези – будь який малий рівень опромінювання обумовлює певний ризик виникнення стохастичних (імовірнісних) ефектів.

Для кількісної оцінки частоти можливих стохастичних ефектів використовується згадана вище гіпотеза про лінійні безпорогові залежності ймовірності віддалених наслідків від дози опромінювання з коефіцієнтом ризику $7 \cdot 10^{-2}$ Зв [1, 2, 4].

Іншою групою радіаційних ефектів є стохастичні ефекти. Дані ефекти не мають порогу дози опромінювання, тобто як завгодно мале підвищення дози може призводити до розвитку цих ефектів. Передбачається, що ймовірність розвитку таких ефектів лінійно залежить від дози опромінювання, тобто чим вище доза опромінювання, тим вище ризик розвитку стохастичних ефектів [2, 4].

Експертні оцінки показують, що хронічне опромінення при дозі один Грей, отриманої протягом 30 років, призводить до появи близько $2 \cdot 10^3$ випадків генетичних захворювань на кожен мільйон немовлят

серед дітей тих, хто піддавався опромінюванню[1]. Вплив малих доз опромінення виявити дуже важко.

Радіаційний ризик при нормальному функціонуванні радіаційно небезпечних об'єктів, з урахуванням сучасних поглядів на аналіз і оцінку ризику, може бути інтерпретований і визначений, по-перше, як імовірність перевищення обсягу викиду у навколишнє середовище радіоактивних речовин, їх науково обгрунтованих і нормативно встановлених значень, по-друге, як імовірність перевищення встановленої дозової границі для іонізуючих випромінювань, а також як математичне очікування екологічного збитку для природного середовища, біоценозів і інших природних і природно-антропогенних об'єктів. Визначення ризиків можливо проводити за двома варіантами [2]:

$$R_{MO} = \int_A^{\infty} f(B) dB, \quad (1)$$

$$R = \int_{D_{II}}^{\infty} f(B) dB, \quad (2)$$

де R – радіаційний ризик;

D_{II} – науково обгрунтована установа дозова границя;

R_{MO} – імовірність перевищення нормативного обсягу технологічних викидів радіоактивних речовин у навколишнє середовище;

$f(B)$ – диференціальна функція розподілу випадкової величини викидів радіоактивних речовин;

A – активність радіонуклідів.

Необхідно замітити, що в другому випадку мається на увазі головним чином збиток екологічного характеру, у тому числі погіршення здоров'я людей з екологічних причин. Одним з важливих показників рівня здоров'я є середня очікувана тривалість майбутнього життя. Зниження тривалості життя можна розглядати в якості досить представницького виду збитку, що обумовлене хімічним та радіоактивним забрудненням навколишнього середовища.

Дозову границю можливо визначати як:

1. Математичне очікування значення дози опромінювання, яку отримає населення або персонал:

$$M[D^P(t)] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i^P, \quad (3)$$

де $D_i^P(t)$ – значення дози випромінювання, яку отримає i -а людина на шляху поширення радіоактивної хмари за інтервал часу t , [Грей/рад];

t – часовий інтервал визначення значення дози випромінювання, яку отримає населення або персонал, [рік];

n – кількість людей в зоні радіоактивного забруднення.

2. Дисперсію значення дози опромінювання, яку отримає населення або персонал:

$$D[D^P(t)] = \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^n M(D_i^P - M[D^P(t)])^2, \quad (4)$$

де $D_i^P(t)$ – значення дози опромінювання, яку отримає i -а людина в зоні радіоактивного забруднення до моменту часу t , [Грей/рад].

Критерієм ефективності розглянутого процесу є вимога не перевищення значення дози опромінювання, яку отримає населення або персонал відносно допустимого значення дози опромінювання:

$$M[D^P(t)] \leq M[D_{дон}^P], \quad (5)$$

де $M[D^P(t)]$ – математичне очікування значення дози опромінювання, яку отримає населення або персонал за часовий інтервал t , [Грей/рад];

$M[D_{дон}^P]$ – математичне очікування значення допустимої дози опромінювання, яку може отримати населення або персонал, [Грей/рад].

Висновки. Розглянутий методичний підхід може бути застосований при оцінці екологічних ризиків пов'язаних із впливом іонізуючих випромінювань на організм людини не тільки по сценарію розвитку аварії або катастрофи, але й у процесі нормальної експлуатації будь-якого об'єкта атомної енергетики.

Список використаних джерел

1. Аклеев А. В. Радиация и жизнь. - сайт Университетская набережная / А. В. Аклеев. - Выпуск 678, 2005. <http://un/csu/ru>.
2. Бадеев В, Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС / В. Бадеев, Ю. Егоров, С. Казаков. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. <http://www-ko18.mchaon.ru/atomsec/> - Атомная энергетика и безопасность.
4. <http://www.ainf.ru/> - АТОМИНФОРМ - Центральный научно-исследовательский институт Управления, Экономики и Информации Минатома РФ (ЦНИИАтоминформ).

Аннотация

РАДИАЦИОННЫЙ РИСК ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ АВАРИЙ РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Кочанов Е. А., Литвинов Ю. С., Ковальчук И. М., Бархатов О. М.

Рассмотрены теоретические способы оценки риска, возникающего в процессе аварийных за пределами ситуаций на объектах атомной энергетики.

Abstract

RADIATION RISK OF OUT-OF-LIMIT FAILURES RADIATION DANGEROUS OBJECTS

E. Kochanov, Y. Litvinov, I. Kovalchuk, A. Barhatov

The theoretical methods of estimation of risk, arising up in the process of out-of-limit emergency situations on the objects of atomic energy are considered.