

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра загальної та теоретичної фізики

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: «ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА СТАН РАДІАЦІЙНОЇ
БЕЗПЕКИ»

Виконав студент 2 курсу групи МТЗ-19
спеціальності 183 «Технології захисту
навколишнього середовища»
Блищик Ігор Анатолійович

Керівник д.ф-м. н., доцент
Курятников Владислав Володимирович
Рецензент д.тех. н. професор
Софронков Олександр Наумович

Одеса 2020

МІНІСТРЕСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ОДЕСЬКИЙ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки

Кафедра загальної та теоретичної фізики

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

(наказ № 194-С, від 16.10.2020)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри загальної
та теоретичної фізики

Герасимов О. І.

“_26_”10_ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Блищук Ігор Анатолійович

1. Тема роботи: *Вплив кліматичних змін на стан радіаційної безпеки .*

керівник роботи к.ф-м.н, доц. Курятников В.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвердженні наказом вищого навчального закладу від «16» жовтня
2020 року № 194-С

2. Срок подання студентом роботи 10 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним значенням обов'язкових креслень)

Рис. 1. Діаграма парникового ефекту. Рис. 2. Варіації CO₂, CH₄ та N₂O протягом голоцену. Примітка: CO₂ - вуглекислий газ, CH₄ - метан, N₂O - закис азоту, ppm - частин на мільйон, ppb - частин на мільярд, ka - 1000 років, EPICA - Європейський проект з вилучення льоду в Антарктиді. Рис. 3. Історичні та майбутні викиди викопного палива, що відповідають шляхам RCP. Примітка: PgC yr⁻¹ - петаграма вуглецю на рік (1 PgC відповідає 3,667 Гт CO₂), CMIP5 - Проект співставлення зв'язаних моделей, фаза 5, IAM - інтегрована модель оцінки, RCP - репрезентативний шлях концентрації, CO₂ - вуглекислий газ. Рис. 4. Зміни середніх температур поверхневого повітря протягом двох періодів за двома сценаріями RCP. Примітка: Цифри у верхньому правому куті карт вказують кількість використаних моделей CMIP5. RCP - репрезентативний шлях концентрації. Відтворено люб'язно IPCC. Рис. 5. Повені навколо атомної електростанції в Словенії в 1990 році. Рис. 6 Інфографік Середньої за рік приземної температури повітря у базовий (1961-1990) та сучасний (1981-2010) кліматичний період

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Немає		

7. Дата видачі завдання 26.10.2020 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (магістерської роботи)	Термін виконання етапів роботи	Відмітка про виконання	
			За 4-х бальною шкалою	%
1	Огляд новітніх літературних джерел за темою дипломного проекту	3 1.10.2020	5 (відмінно)	90
2	Узагальнення основних теоретичних положень проекту	26.10.2020	5 (відмінно)	90
3	Рубіжна атестація	16 – 21.11.20 р	5 (відмінно)	90
4	Попередній захист кваліфікаційної роботи	14.12.2020	5 (відмінно)	90
5	Перевірка на плагіат	12.- 14.12.2020	5 (відмінно)	90
6	Рецензування	21.- 22.12.2020	5 (відмінно)	90
7	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		5 (відмінно)	90 ,0

Магістр _____ **Блищик Ігор Анатолійович.**

Керівник проекту _____ **Курятников В.В. к. ф-м.н, доц.**

АНОТАЦІЯ

«Вплив кліматичних змін на стан радіаційної безпеки»

Актуальність теми. Дипломна робота присвячена аналізу потенційних станів ядерної енергетики в умовах існуючих та прогнозуємих кліматичних змін. У сучасних умовах значно посилюється антропогенний вплив на кліматичну систему через збільшення викидів парникових газів, особливо CO₂, що є наслідком промислової революції та стрімкого розвитку технології у всіх галузях виробництва. Спостерігаються все більш помітні наслідки зміни клімату на екосистеми та людське суспільство в цілому. Значною мірою в залежності від викидів парникових газів в майбутньому, є цілком можливим і правдоподібним широкий спектр кліматичних сценаріїв, які передбачують можливе підвищення середньої глобальної температури земної поверхні відносно періоду 1986–2005 років до 2,6 ° C до 4,8 ° C вже до кінця поточного століття. Між іншим, існують об'єкти, чутливість яких до змін параметрів довкілля створює загрозу як для технічного персоналу, так і для навколишнього середовища. До числа таких об'єктів належать Атомні Електростанції та відповідні системи ядерної безпеки. Технології їх штатної експлуатації та екологічної безпеки мають бути підготовлені та належним чином скореговані згідно до виклику з боку кліматичних змін. Тому тема кваліфікаційного дослідження є своєчасною і актуальною

Метою магістерської роботи є аналіз можливих прогнозуємих змін у станах елементної бази об'єктів атомної енергетики, викликаних змінами клімату та відповідних параметрів довкілля, а також розгляд пов'язаних з цим процесами доповнень та модернізацій технологій захисту навколишнього середовища та людини.

Ключові слова: зміни клімату, атомна енергетика, технології захисту навколишнього середовища та людини

Робота містить :

Сторінок – 55

Таблиць – 5

Рисунків – 6

Літературних посилань – 8

SUMMARY

« THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON THE STATE OF RADIATION SAFETY »

Topic Relevance. This thesis provides a comprehensive overview of the potential role of nuclear energy in mitigating global climate change. Section 3 briefly describes the greenhouse effect and climate change on a geohistorical scale, and then increases the anthropogenic impact on the climate system due to increased greenhouse gas emissions, especially CO₂, after the industrial revolution. The increasingly visible effects of climate change on ecosystems and human society are also discussed. To a large extent, depending on future greenhouse gas emissions, a wide range of climate scenarios is plausible, suggesting a possible increase in the average global surface temperature from 1986 to 2005 to 2.6 ° C to 4.8 ° C by the end of this century.

By the way, there are facilities whose sensitivity to changes in environmental parameters poses a threat to both technical staff and the environment. Such facilities include Nuclear Power Plants and relevant nuclear safety systems. Technologies for their normal operation and environmental safety must be prepared and properly adjusted to the challenge of climate change.

The purpose of the master's thesis is an analysis of possible predictable changes in the state of the elemental base of nuclear energy facilities caused by climate change and the relevant environmental parameters, as well as consideration of related additions and modernization of environmental and human technologies.

Keywords: climate change, nuclear energy, environmental and human protection technologies

The work contains:

Pages - 55

Tables – 5

Drawings - 6

References - 8

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. ПЕРСПЕКТИВИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ.....	11
1.1. Проблеми та ключові сектори.....	11
1.2. Ключові сектори : підходи до вирішення проблемі.....	12
2. КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ У ДОВКІЛЛІ.....	14
2.1. Причини і вплив кліматичних змін.....	15
2.1.1. Парниковий ефект та динаміка зміни клімату.....	17
2.1.2. Антропогенне втручання в кліматичну систему.....	17
2.1.3. Впливи антропогенних змін клімату.....	19
2.1.4. Сценарії прогнозуємих викидів парникових газів та відповідних змін клімату.....	21
3. ЯДЕРНА ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....	26
3.1. Радіаційні ризики.....	26
3.1.1. Джерела, наслідки та ризики іонізуючого випромінювання.....	26
3.1.2. Рентгенологічні наслідки аварії на Фукусімі Даїчі.....	33
3.2. Чутливість та адаптація технологічних циклів ядерної енергетики до кліматичних змін.....	36
3.2.1. Динаміка зміни клімату та залежність від неї технологій захисту елементної бази АЕС	46
3.2.2. Екстремальні погодні явища,які супроводжують кліматичні зміни та підготовленість до них захисних технологій	47
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Антропогенні зміни клімату широко розглядаються як основна загроза для людей, їх природних ресурсів та навколишнього середовища в цілому. Протягом останніх двох десятиліть він домінував у порядку денному глобальної екологічної політики. Зміни глобальних та регіональних температур, характер опадів та інші кліматичні характеристики обумовлені збільшенням концентрації парникових газів (ПГ) в атмосфері. Двоокис вуглецю (CO₂), що виділяється при спалюванні викопного палива в енергетичному секторі та інших галузях промисловості, є головним рушієм цього процесу. Прогнозується, що попит на енергію значно зросте у найближчі десятиліття, особливо в країнах, що розвиваються, де приріст населення є найшвидшим, де понад 2,5 мільярда людей покладаються на традиційну біомасу як основне джерело енергії, а приблизно 1,1 мільярда людей не мають доступу до електроенергії. Без значних зусиль щодо обмеження майбутніх викидів парникових газів, особливо із сектору енергопостачання, очікуване глобальне збільшення виробництва та використання енергії цілком може спричинити зміни клімату з величезними ризиками для людського суспільства та системи Землі. Усі джерела енергії та технології з низьким рівнем вуглецю повинні будуть відповідати подвійній проблемі пом'якшення змін клімату та задоволення глобальних енергетичних потреб.

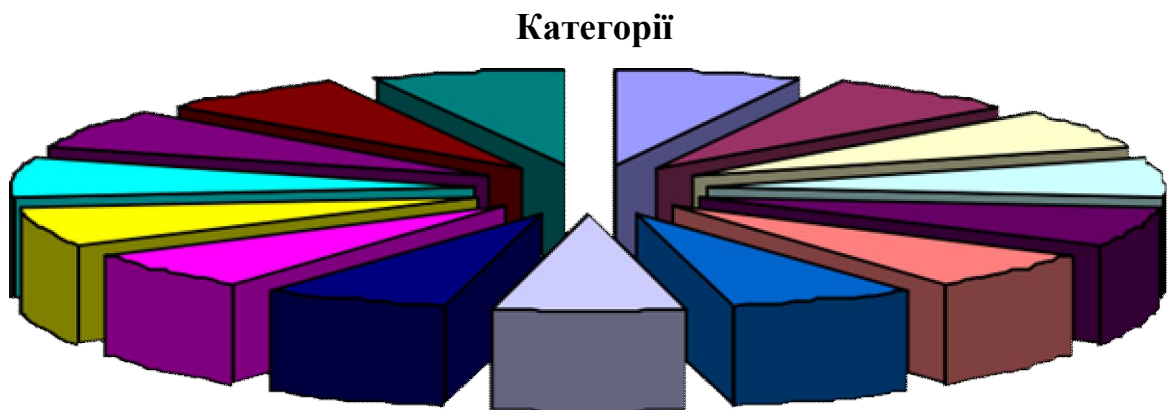
Переважаюча більшість учасників Рамкової системи ООН Конвенція про зміну клімату (РКЗК ООН) ратифікувала Паризьку угоду і погодилася внести національний внесок (НДК) для контролю викидів парникових газів таким чином, щоб підвищення загальної середньої температури поверхні не перевищувало 2 ° C відносно доіндустріального рівня. Ядерна енергетика може зробити значний внесок у досягнення цілі Паризької угоди щодо зміни клімату шляхом зменшення викидів парникових газів. Атомні електростанції (АЕС) практично не виробляють викидів парникових газів або забруднювачів

повітря під час своєї експлуатації та порівняно дуже низькі викиди протягом усього свого життєвого циклу. Більше того, атомна енергетика сприяє забезпеченню енергопостачання та промислового розвитку, надійно забезпечуючи електроенергією та теплом за стабільними та передбачуваними цінами.

1. ПЕРСПЕКТИВИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

1.1. Проблеми та ключові сектори

Проблеми були згруповані в 15 різних категорій, зображених на зображенні секторів нижче, щоб гарантувати, що жодна область не була пропущена. Далі представлені приклади викликів, так і невизначені у своєму результаті.



- Енергія
- Національна безпека
- Охорона здоров'я та медицина
- Промисловість та продукція
- Екологічне управління відходами
- Федеральне очищення об'єкта
- Видобуток ресурсів
- Державні операції
- Моніторинг
- Дослідження транспорту
- Сільське господарство
- Громадська інформація та участь
- Професійна освіта

1.2 Ключові сектори: рамки для підходу к проблем

Аналіз проблем привів до кількох важливих висновків.

Висновок 1: Більшість проблем походять з чотирьох секторів

Більшість проблем, з якими доведеться боротися в даний час і до 2025 року, виникають у чотирьох секторах:

- Енергія
- Національна безпека
- Промислові та споживчі
- Медичний

Зображення ключових секторів нижче представляють ці області як чотири частки в рамках спрощеної моделі атома. У центрі, де перетинаються частки, знаходиться п'ятий сектор: проблеми спадщини. Відходи та інші проблеми з енергетики, національної безпеки, медичної та промислової та споживчої сфери з часом стають відповідальністю людей, які працюють у секторі спадщини.

КЛЮЧОВІ СЕКТОРИ



Ці п'ять секторів, як видається, є найменшою кількістю категорій, перед якими майже всі проблеми, що попереду, можуть бути вирішені.



2 ПРОБЛЕМА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Земля має природний парниковий ефект завдяки дуже малій кількості радіації активних слідів газів в атмосфері (водяна пара, CO₂, метан (CH₄) і закис азоту (N₂O)), які дозволяють сонячному випромінюванню досягати і нагрівати поверхню Землі, але поглинають відбите поверхнею інфрачервоне випромінювання і згодом випромінюють його як вгору в космос, так і вниз назад на поверхню. Цей випромінювання вниз знижує нагрівання поверхні Землі. Без парникового ефекту Земля була б крижаною планетою із середньою температурою поверхні близько -18 ° С. Діаграма парникового ефекту представлена на рис. 1.

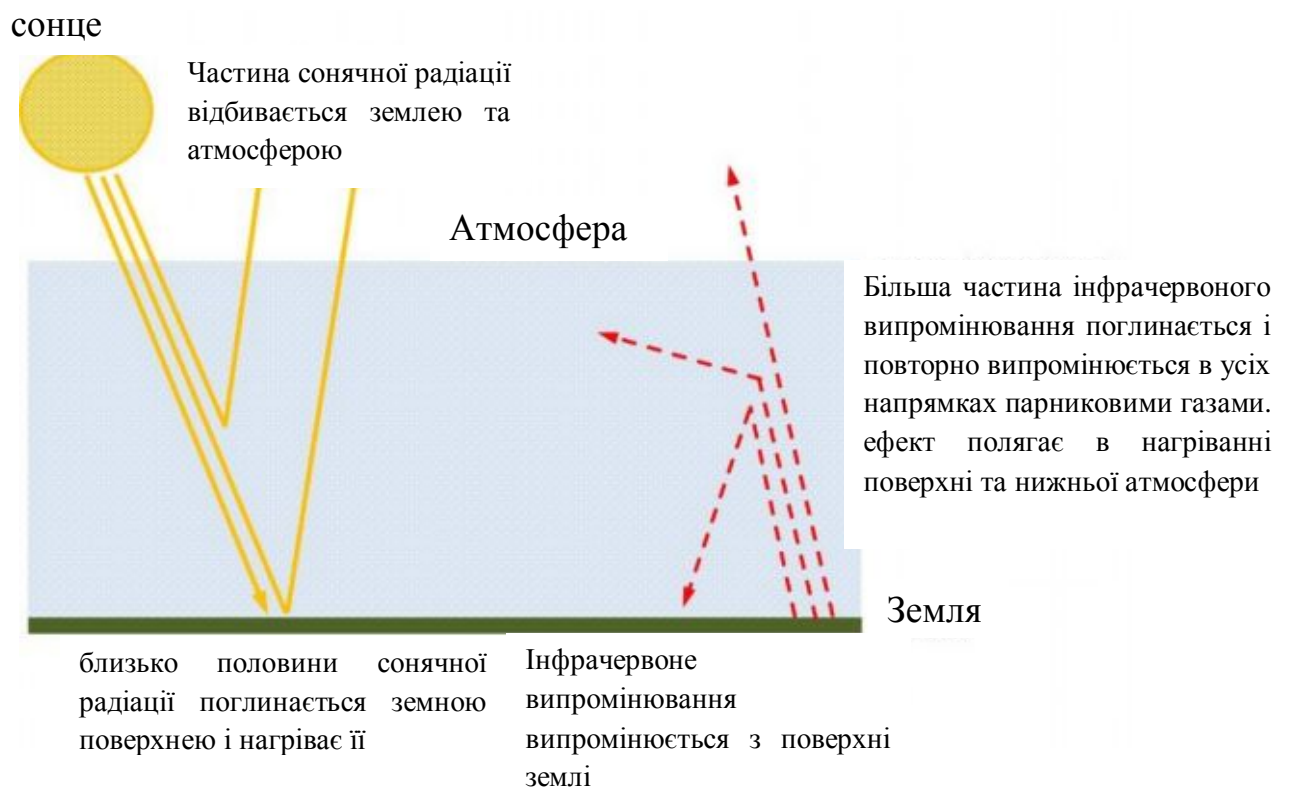


Рис. 1. Діаграма парникового ефекту

Викиди від людської діяльності, головним чином спалювання викопного палива та зміна землекористування, суттєво збільшують атмосферні

концентрації CO₂, CH₄ та N₂O, тим самим посилюючи парниковий ефект та додатково зігріваючи поверхню Землі. Продовження антропогенних викидів цих газів призведе до широкомасштабних змін клімату, накладаючи, можливо, серйозний вплив на людське суспільство та навколишнє середовище.

2.1. Причини і вплив кліматичних змін

Знання про клімат та тісно пов'язані компоненти системи Землі (наприклад, атмосферу, гідросферу, кріосферу, геосферу, біосферу) значно покращилися за останні десятиліття. Робоча група I Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (МГЕЗК) регулярно оцінює останню інформацію в цих областях з акцентом на антропогенні зміни клімату.

2.1.1. Парниковий ефект та минулі зміни клімату

Концентрація радіаційно активних слідових газів (особливо CO₂) в атмосфері та кліматі Землі змінювалася протягом мільярдів років, задовго до появи людей. Геологічні дані свідчать, що високі концентрації CO₂ в атмосфері протягом кількох минулих періодів збігалися із середньою глобальною температурою поверхні, значно вищою за рівень, що передував промисловій революції. Концентрація CO₂ в атмосфері в епоху раннього еоцену (52–48 млн. Років тому) перевищувала 1000 частин на мільйон (м.д.), а середні глобальні температури поверхні були на 9–14 ° С вищими, ніж у доіндустріальних умовах у 18 столітті. Майже 50 мільйонів років потому середні глобальні температури поверхні були на 1,9–3,6 ° С вище рівня доіндустріального в середині пліоцену (3,3–3,0 мільйона років тому), коли концентрація CO₂ в атмосфері становила від 350 до 450 проміле . Нещодавні реконструкції та моделювання температур у найтепліші тисячоліття останнього міжледникового періоду (129 000 - 116 000 років тому) свідчать

про те, що середньорічні глобальні температури поверхні ніколи не були на 2°C вище рівня доіндустріального. На відміну від них, поверхневі температури на висоті широти, у середньому за кілька тисяч років, були принаймні на 2°C теплішими, ніж нинішні, що підтверджує важливість зворотних зв'язків криосфери (відповіді наземних та океанічних регіонів, де вода у твердому вигляді, наприклад льодовики, лід простирадла, морський лід та вічна мерзлота). Концентрації ПГ в атмосфері були близькими до доіндустріального рівня в ці теплі періоди .

Аналіз серцевини льоду забезпечує все більш надійну інформацію про концентрації парникових газів в атмосфері за останні 800 000 років. Вони показують, що поточні концентрації основних парникових газів (CO_2 , CH_4 та N_2O) перевищують зареєстрований діапазон концентрацій протягом цього тривалого періоду. Внаслідок коливань в океанічному та сухопутному накопиченні вуглецю, концентрація CO_2 в атмосфері становила до 180 ppm під час льодовикового періоду і до 300 ppm в міжльодовикові періоди за цей часовий горизонт.

За відсутності людського впливу всі ці зміни та коливання клімату Землі значною мірою були зумовлені трьома зовнішніми силами: орбітальними, сонячними та вулканічними. Орбітальне форсування передбачає зміни сонячного випромінювання, зумовлені коливаннями параметрів орбіти Землі, такими як ексцентриситет (відхилення від ідеального кола), довгота перигелію (найближча точка до Сонця) та осьовий нахил (кут між віссю обертання Землі та її орбітальною вісь), які в першу чергу впливають на величину та сезонний та широтний розподіл сонячної енергії, що надходить у верхній частині атмосфери, та тривалість та інтенсивність місцевих сезонів. Сонячне форсування означає зміни загальної та спектральної (залежно від довжини хвилі) сонячної освітленості. Перший впливає безпосередньо на поверхню Землі, а другий здебільшого впливає на стратосферу (другий найнижчий шар атмосфери, що охоплює область 12–55 км від поверхні Землі), але може також впливати на циркуляцію в тропосфері (найнижчий

шар атмосфера). Більшість моделей пояснюють зміни загальної та спектральної сонячної освітленості магнітними явищами на поверхні Сонця (наприклад, сонячними плямами). Нарешті, вулканічне форсування зумовлене радіаційним впливом сульфатних аерозолів, що викидаються в атмосферу виверженнями вулканів. Більш високі концентрації аерозолів в атмосфері охолоджують поверхню Землі .

2.1.2. Антропогенне втручання в кліматичну систему

Відносно значення природних та антропогенних форсингів та динаміка змін атмосферної концентрації парникових газів, глобальних та півсферичних температур почали змінюватися в середині 18 століття. На малюнку 2 показано зміни в атмосферних концентраціях CO₂, CH₄ та N₂O за останні 11 000 років до теперішнього часу. Протягом 7000-річного періоду, що передував 1750 р., Атмосферні концентрації CO₂ змінювались надзвичайно повільно, зростаючи з 260 ppm до 280 ppm, ймовірно, внаслідок природних причин.

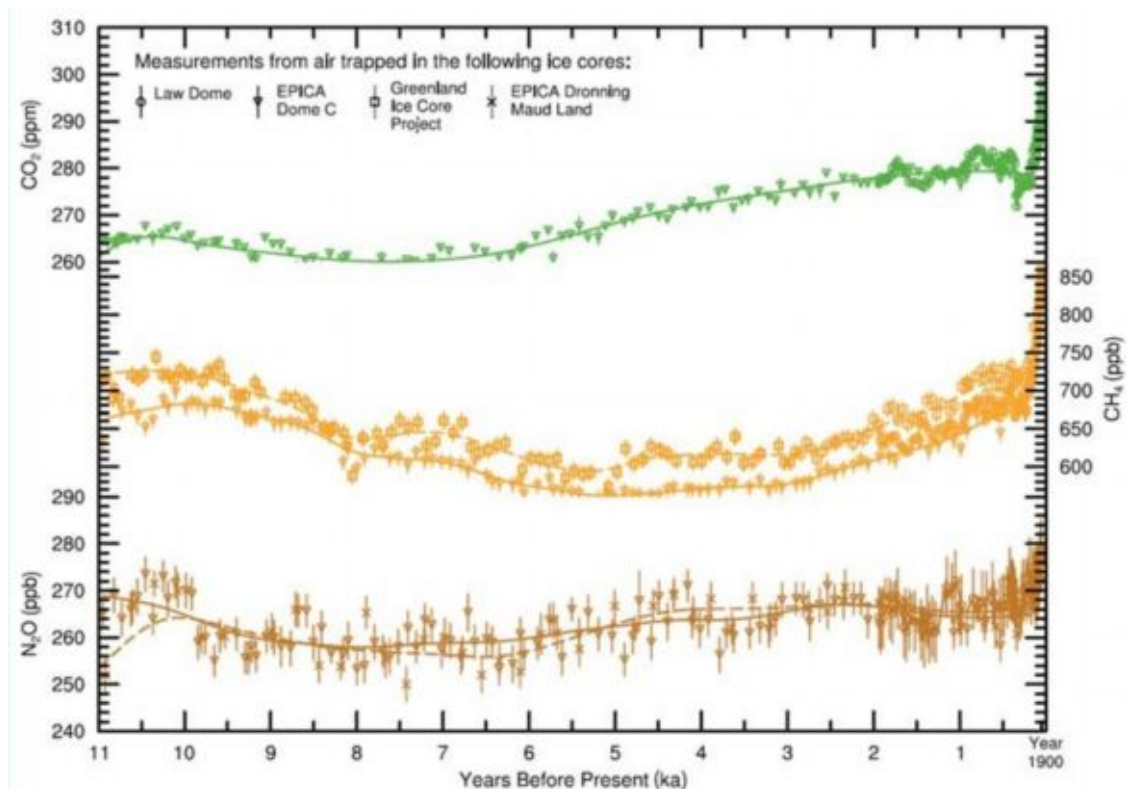


Рис. 2. - Варіації CO₂, CH₄ та N₂O протягом голоцену. Примітка: CO₂ - вуглекислий газ, CH₄ - метан, N₂O - закис азоту, ppm - частин на мільйон, ppb - частин на мільярд, ka - 1000 років, EPICA - Європейський проект з вилучення льоду в Антарктиді. Відтворено люб'язно IPCC.

Існує велика різниця порівняно зі збільшенням з 278 ppm приблизно в 1750 р. До понад 400 ppm у 2016 р. (Збільшення майже на 44%) через антропогенні викиди після промислової революції. Подібним чином темпи збільшення концентрацій інших парникових газів також ніколи не були такими швидкими, як за останні 150 років. У період між 1750 і 2011 рр. Концентрація CH₄ зросла з 722 до 1803 частин на мільярд (збільшення на 150%), а концентрація N₂O зросла з 271 до 324,2 частин на мільярд (збільшення на 20%). Певно, що нинішні концентрації цих трьох парникових газів вищі за рівні, виявлені за останні 800 000 років. Збільшення концентрації CO₂ дуже ймовірно було спричинено викидами від спалювання викопного палива та змінами у землекористуванні.

Найбільш очевидним наслідком збільшення концентрації ПГ є потепління кліматичної системи. Атмосферні вчені вважають це однозначним і стверджують, що багато спостережуваних змін, починаючи з 1950-х років, є безпрецедентними протягом періодів від десятиліть до тисячоліть. Середньостатистична глобальна температура поверхні (як суші, так і океану) зросла на 0,85 ° C між 1880 і 2012 рр. Крім того, протягом кожного десятиліття до 2012 р. Глобальна поверхня послідовно була теплішою, ніж у будь-які попередні десятиліття з 1850 р. представляє найтепліші три десятиліття за останні 1400 років.

Ці підвищення температури змушують льодовикові покриви все швидше втрачати масу: близько 147 Гт / рік втрачається з Антарктики та близько 215 Гт / рік з льодовикового покриву Гренландії між 2002 і 2011 роками. Льодовики ще більше скорочуються, втрачаючи близько 275 Гт / рік у період 1993–2009. В результаті цих процесів, поряд із змінами в накопиченні води

на суші та тепловим розширенням Світового океану внаслідок потепління, усесвітній рівень моря в період 1993–2010 рр. Піднявся приблизно на 3,2 мм / рік. Потепління також зменшило середньорічну протяжність арктичного морського льоду приблизно на 3,5–4,1% / декаду, тоді як мінімальний літній морський лід зменшився на 9,4–13,6% / декаду між 1979 і 2012 рр.

Більш високі температури на поверхні також впливають на кругообіг води, тобто безперервний рух води через кліматичну систему, частково тому, що тепліше повітря може вміщувати вищу концентрацію водяної пари. Спостережуване збільшення водяної пари тропосфери приблизно на 3,5% за останні 40 років відповідає спостережуваному потеплінню близько $0,5^{\circ}\text{C}$ за той самий період, тоді як відносна вологість майже не змінилася. Минулі зміни опадів виміряти набагато складніше, тому їх приписування водіям-людям досить невизначено. Невизначеність також перешкоджає ролі людських факторів у зміні структури клімату та погодних екстремумів, але, як видається, все більше доказів підтверджують силу людини .

Підсумовуючи, антропогенний вплив на потепління атмосфери та океанів, середнє глобальне підвищення рівня моря, зміни у глобальному циклі води та зміни в деяких екстремальних кліматичних ситуаціях були виявлені та підтвержені безліччю доказів. Домінуючою причиною спостережуваного потепління у другій половині 20 століття було втручання людини викидами парникових газів. Отримане в результаті збільшення концентрацій ПГ спричинило потепління приблизно на $0,5\text{--}1,3^{\circ}\text{C}$, тоді як інші антропогенні примуси, включаючи охолоджуючий ефект аерозолів, зробили внесок між $-0,6^{\circ}\text{C}$ та $0,1^{\circ}\text{C}$. Для порівняння, природні форсинги відігравали майже незначну роль, сприяючи між $-0,1^{\circ}\text{C}$ та $0,1^{\circ}\text{C}$, так само, як і вплив природної внутрішньої мінливості кліматичної системи.

2.1.3. Впливи антропогенних змін клімату

В останні десятиліття вплив кліматичних змін на природні та людські системи в більшості наземних та морських районів стає все більш очевидним.

Тут подано лише кілька прикладів. У природних екосистемах географічні ареали, чисельність, сезонна діяльність, взаємодії та моделі міграції багатьох наземних, прісноводних та морських видів змінилися. У людських системах велика кількість досліджень оцінила вплив на врожайність багатьох сільськогосподарських культур у кліматично різноманітних регіонах на всіх континентах і вказує на негативне сальдо: зниження врожаю переважає зростаючу віддачу, яка в основному виявляється в регіонах з високою широтою. Порівняно з іншими стресовими факторами, що впливають на здоров'я людини, вплив клімату порівняно невеликий і поки що важко оцінити. У деяких регіонах спостерігається вища температура та нижча смертність від холоду. Зміни температури та кількості опадів змінили розподіл деяких переносних хвороб, що переносяться водою. До додаткових ризиків, спричинених зміною клімату та пов'язаним із цим підвищенням рівня моря, належать смерть, травми, погіршення самопочуття та порушення життєдіяльності в низько розташованих прибережних зонах та невеликих островах внаслідок штормових сплесків та прибережних повеней. Велике міське населення в деяких регіонах перебуває під загрозою внутрішнього повені.

Багато екосистем та людські системи вразливі до клімату екстремальних явищ, такі як хвилі спеки, посухи, повені, циклони та лісові пожежі, що трапляються в сучасних кліматичних умовах. Ці крайності змінюють екосистеми та призводять до пошкодження та втрати наземних, морських та прибережних екосистем, біорізноманіття та екосистемних товарів, функцій та послуг. Екстремальні події також можуть порушити виробництво продуктів харчування, що призведе до продовольчої незахищеності та поломки харчових систем. Потепління, посуха, повені та мінливість та екстремальні опади можуть спричинити втрату засобів для існування та доходів у сільській місцевості через недостатній доступ до питної та зрошувальної води, а також зниження продуктивності сільського господарства та водопостачання. Екстремальні кліматичні та погодні умови також можуть завдати шкоди

інфраструктурі та населеним пунктам, що призведе до поломки інфраструктурних мереж та таких важливих служб, як електроенергія, водопостачання, медичні та аварійні служби. Усі ці наслідки можуть збільшити захворюваність та смертність з можливо серйозними наслідками для добробуту людини. Ці ключові ризики створюють особливі виклики для найменш розвинених країн та вразливих громад через їх обмежену здатність адаптуватися.

Все очевидніше, що антропогенне втручання в клімат потрібно різко зменшити, щоб зменшити потенційно серйозні ризики наслідків зміни клімату. Паризька угода згідно з РКЗК ООН має на меті затримати підвищення середньої глобальної температури значно нижче 2°C відносно доіндустріального рівня. Це вимагає швидкого і радикального скорочення викидів парникових газів протягом наступних кількох десятиліть та виведення все більшої кількості парникових газів, особливо CO_2 , з атмосфери у другій половині цього століття. Сценарії правдоподібного ф'ючерсу узагальнені в розділі 2.1.4.

2.1.4 Сценарії майбутніх викидів парникових газів та зміни клімату

Прогнози зміни клімату, підготовлені протягом останнього десятиліття або близько того, в основному базуються на так званих репрезентативних шляхах концентрації (RCP), які описують альтернативні припущення щодо вибраних приблизних загальних значень радіаційного примусу на 2100 рік відносно 1750 року. Випромінювальна сила - це зміна потоку енергії, спричинена рушіями (природними та антропогенними речовинами та процесами, що змінюють енергетичний бюджет Землі). Він визначається у ватах на квадратний метр ($\text{Вт} / \text{м}^2$) і обчислюється в тропопаузі або на вершині атмосфери. ПЗК - це сценарії, що відображають еволюцію викидів та концентрацій найважливіших парникових газів, аерозолів, хімічно активних газів та пов'язані зі змінами у землекористуванні та земельному

покриві, що призводять до заданих рівнів випромінювання. Термін "шлях" підкреслює важливість траєкторії, якої дотримується з часом для досягнення вказаної кінцевої точки, тоді як "репрезентативна" вказує на те, що RCP позначає лише одну з багатьох можливих термінів для конкретних характеристик випромінювального примусу. По шляху RCP2.6 радіаційні форсуючі піки становлять близько 3 Вт / м² до кінця цього століття, а потім знижуються. Випромінювальне форсування стабілізується приблизно на рівні 4,5 Вт / м² та 6,0 Вт / м² після 2100 року у двох проміжних шляхах. RCP8.5 передбачає радіаційне примусове значення, яке перевищує 8,5 Вт / м² до 2100 року.

РКП були продовжені до 2300 року з метою вивчення довгострокової перспективи наслідки зміни клімату. Розширені шляхи концентрації були розроблені як гіпотетичні сценарії "що якщо" і включають прості припущення (наприклад, стабілізація або постійне зниження) щодо викидів парникових газів та аерозолів та концентрацій понад 2100. У нижньому кінці сценарію сценарію RCP2.6 вже спричиняє чистий негативний Викиди CO₂ у цьому столітті (приблизно до 2060 р.) І передбачають стійке виведення CO₂ з атмосфери (постійні чисті негативні викиди) після 2100 р., Що призводить до повільного зниження концентрації CO₂ до 360 м.д. до 2300 р. На високому рівні, RCP8.5 постулює тривали високі викиди в першій половині 22 століття з подальшим лінійним спадом до 2250 р., коли концентрації стабілізуються на дуже високому рівні. Отримані концентрації CO₂ становили б близько 2000 ppm, майже в сім разів перевищуючи рівень доіндустріального. Два середні ПЗК передбачають плавну стабілізацію концентрацій до 2150 р. На рисунку 3 показані викиди від викопного палива, розраховані за моделями системи Землі на основі концентрацій за чотирма шляхами РКП. Потім RCP та розширені шляхи були перетворені у відповідні концентрації парникових газів та викиди, що послужили вхідними даними для більш ніж 50 глобальних кліматичних моделей, що використовуються у фазі 5 Проекту співставлення зв'язаних моделей (CMIP5) для оцінки змін, які вони

викликають у кліматичній системі в усьому світі та регіонально. Результати цих зусиль вказують, що середня глобальна температура поверхні в найближчій перспективі зросте лише помірковано, на $0,3^{\circ}\text{C}$ до $0,7^{\circ}\text{C}$ у період 2016–2035 рр. Порівняно з контрольним періодом 1986–2005 рр. Дивлячись далі в XXI століття, моделювання моделей CMIP5 прогнозує все більш стрімке зростання середніх глобальних температур поверхні на 2081–2100 рр. Порівняно з 1986–2005 рр. Внаслідок вищих коефіцієнтів відхилення: $0,3^{\circ}\text{C}$ до $1,7^{\circ}\text{C}$ (RCP2,6), $1,1^{\circ}\text{C}$ до $2,6^{\circ}\text{C}$ (RCP4,5), від $1,4^{\circ}\text{C}$ до $3,1^{\circ}\text{C}$ (RCP6,0) та від $2,6^{\circ}\text{C}$ до $4,8^{\circ}\text{C}$ (RCP8,5).

На рисунку 4 показано зміни середньорічних відносних температур повітря на поверхні до базового періоду 1986–2005 рр. для RCP2.6 та RCP8.5 для середини та кінця цього століття, а також для відповідних розширених шляхів на кінець наступного століття. Незважаючи на суворі зусилля щодо пом'якшення наслідків у наступні три десятиліття за сценарієм RCP2.6, карти верхнього ряду демонструють значне потепління до 2046–2065 рр.,

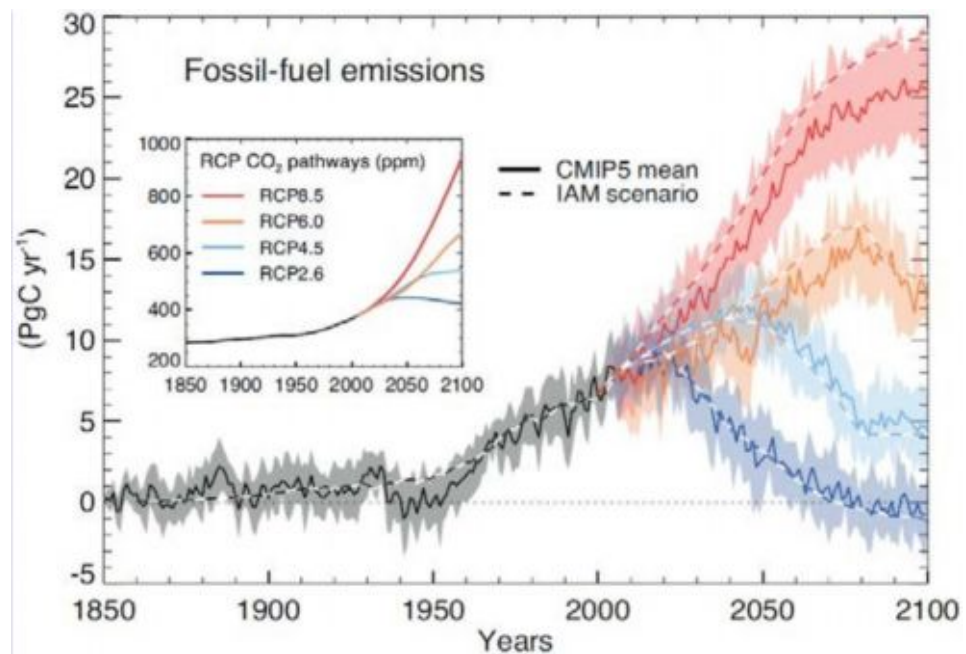


Рис. 3 - Історичні та майбутні викиди викопного палива, що відповідають шляхам RCP. Примітка: PgC yr – 1 - петаграма вуглецю на рік (1 PgC відповідає 3,667 Гт CO₂), CMIP5 - Проект співставлення зв'язаних моделей,

фаза 5, IAM - інтегрована модель оцінки, RCP - репрезентативний шлях концентрації, CO₂ - вуглекислий газ

Особливо у регіонах з високими широтами північної півкулі, та середнє річне зниження температури до 2081–2100 рр. за межами (відносно температур 2046–2065 рр.), оскільки виведення ПГ з атмосфери знижує концентрації до рівня, що відповідає межі температури 2 ° С на кінець цього століття. Оскільки видалення CO₂ триватиме після 2100 року, температура також буде дещо знижуватися до періоду 2181–2200 років.

Порівняно з доіндустріальним рівнем (який визначається як температури, що спостерігалися в період 1850–1900 рр.), Глобальне підвищення температури поверхні, ймовірно, перевищить 1,5 ° С до кінця цього століття, а потепління триватиме понад 2100 для всіх сценаріїв RCP, крім RCP2.6. Прогнозується, що зростання загальної середньої температури до 2100 року перевищить 2 ° С для трьох вищих сценаріїв. Як показано на рис. 4, прогнозується, що потепління в Арктичному регіоні відбуватиметься швидше, ніж загальне середнє значення, і середнє потепління над сушею очікується, що буде більшим, ніж над океаном.

Як згадано у розділі 3.1.2, атмосферні концентрації основних парникових газів (CO₂, CH₄ та N₂O) вже перевищують найвищий рівень, коли-небудь зафіксований за останні 800 000 років. Прогнози на зміну клімату, що впливають з Росії

Сценарії концентрації RCP на кінець цього століття зображують досить похмуре майбутнє для людей, їх природних ресурсів та навколишнього середовища загалом. Попередившись накопиченням наукових доказів наприкінці 1980-х років, політики також почали вирішувати цю проблему.

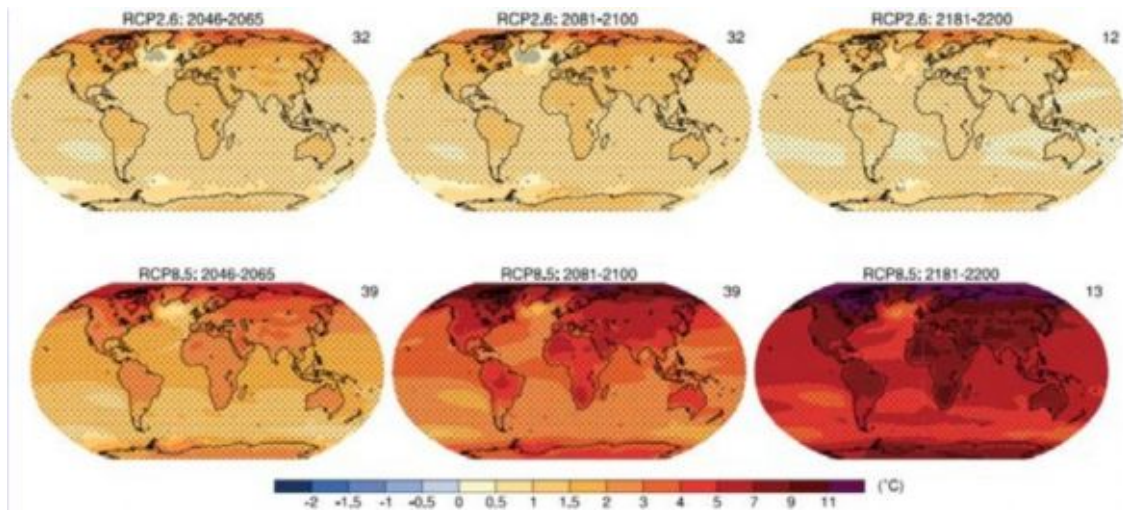


Рис. 4. Зміни середніх температур поверхневого повітря протягом двох періодів за двома сценаріями RCP. Примітка: Цифри у верхньому правому куті карт вказують кількість використаних моделей СМІР5. RCP - репрезентативний шлях концентрації. Відтворено люб'язно ІРСС

3 ПРОБЛЕМИ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ПОТЕНЦІАЛ РОЗВИТКУ

3.1 Радіаційні ризики

3.1.1 Джерела, наслідки та ризики іонізуючого випромінювання

Іонізуюче випромінювання може пошкодити організм людини на клітинному рівні, коли воно іонізує атоми, що складають живі клітини. Величина кумулятивного пошкодження іонізуючого випромінювання, завданого людському тілу, називається ефективною дозою, яка вимірюється в сівертах (Зв). Ефективна доза враховує за допомогою відповідних вагових факторів вплив різних видів випромінювання та їх вплив на різні частини тіла.

Науковий комітет ООН з питань впливу атомного випромінювання (UNSCEAR) проводив оцінку та звітування про рівні та наслідки впливу іонізуючого випромінювання з різних джерел з моменту свого створення у 1959 р. Звіти Комітету забезпечують наукову основу для оцінки радіаційних ризиків та для встановлення захисних заходів. У звіті UNSCEAR за 2016 рік про джерела, наслідки та ризики іонізуючого випромінювання описуються результати найновішої оцінки рівнів радіаційного опромінення, пов'язаних з різними технологіями виробництва електроенергії: ядерний паливний цикл, вугільний цикл, спалювання природного газу, нафти та біопалива, і геотермальна, вітрова та сонячна енергія. У цьому розділі представлені основні висновки звіту.

Для представників громадськості щорічне опромінення в результаті вироблення електроенергії є незначним і, як правило, набагато менше 1% від відповідного середнього природного фонового опромінення. Радіаційне опромінення працівників у галузях електроенергетики перевищує опромінення населення через видобувну діяльність, яка передує будь-якій формі виробництва електроенергії. Видобувачі вугілля отримують найбільшу

колективну дозу опромінення завдяки посиленому впливу природних радіонуклідів. Таке опромінення протягом багатьох років зменшувалось внаслідок покращення умов гірничих робіт.

Діяльність, пов'язана з вугільним циклом, принесла світовій громадськості більше половини загальної дози радіації від виробництва електроенергії. Вклад ядерного паливного циклу становить менше п'ятої частини вугільного циклу. Ці результати слід розглядати з точки зору частки кожної технології у світовому виробництві електроенергії. У 2010 році, базовому році для оцінки, 40% енергії у світі було вироблено вугільним циклом порівняно з 13% ядерною енергією.

Виходячи з одиниці виробленої електроенергії, радіаційне опромінення, пов'язане з вугіллям та ядерною енергією, у короткостроковій перспективі приблизно однакове. Протягом довших періодів, таких як сотні років, накопичення дуже малих доз довгоживучих радіонуклідів призводить до більших колективних доз від ядерного паливного циклу. У таблиці наведено колективну дозу для світової громадськості та пов'язану з нею нормовану колективну дозу. Якщо не вказано інше, колективні дози вказують на місцеві та регіональні компоненти. UNSCEAR оцінює колективні дози для популяцій у місцевому, регіональному та глобальному масштабах на основі методології, яка враховує такі смуги відстані: 0–100 км (місцева складова колективної дози), 100–500 км, 500–1000 км та 1000–1500 км. Результати на 100–1500 км підсумовуються, щоб скласти регіональний компонент колективної дози. У таблиці 1 також наведено частки технологій виробництва електроенергії у загальному світовому виробництві електроенергії в 2010 році та викидів ^{222}Rn (ізоп радону, природного радіоактивного благородного газу), нормалізованих до виробництва електроенергії у 2010 році. будь-які наслідки для здоров'я із використанням колективних доз, наведених у таблиці, не рекомендуються UNSCEAR. Усі оцінки в таблиці розраховані на основі найкращих оцінок; конкретні колективні дози для місця та місця розташування не представлені.

Найвищий професійний вплив, пов'язаний з будівництвом електростанцій (на одиницю електроенергії) пов'язана з сонячними енергетичними установками, за якими йдуть вітроенергетичні установки. Насправді для цих технологій потрібні великі кількості рідкісноземельних металів, а видобуток величезних обсягів дуже низькосортних мінералів піддає робітників радіації під час великих гірничих робіт. Видобуток, подрібнення та переробка металевих руд сприяють професійному впливу через наявність природних радіонуклідів. Колективна доза професійного впливу під час видобутку металів представлена у звіті UNSCEAR. Останні дані (2012 р.) Про радіаційне опромінення шахтарів рідкісноземельних металів у Китаї наведені в посиланні. У таблиці 1 наведені колективні ефективні дози праці, нормовані на виробництво енергії, отримані під час будівництва різних технологій виробництва електроенергії. Професійний вплив залежить від кількості сталі та металів, що використовуються для будівництва, а також від факторів потужності та тривалості життя заводів

ТАБЛИЦЯ 1. КОЛЕКТИВНА ДОЗА ДЛЯ СВІТОВОГО ГРОМАДСЬКОГО ТА АСОЦІЙОВАНОГО НОРМАЛІЗОВАНОГО КОЛЕКТИВНОГО ДОЗУВАННЯ У 2010 р., ІНТЕГРОВАНА ДО 100 РОКІВ

Технологія виробництва електроенергії	Колективна доза (Sv ^a)	Нормалізована колективна доза (man Sv/GW·a ^b)	Частка у загальному світовому виробництві електроенергії (%)	Нормалізовані розряди ²²² Rn (TBq/GW·a ^c)
ЯДЕРНО-ПАЛИВНИЙ ЦИКЛ				
Ядерні, загалом від гірничо-шахтних, електростанцій та переробка, за винятком глобальної складової	130	0.43	13	Видобуток урану: 66 Фрезерування: 3 Експлуатаційна хвостова млина: 3 Хвостова млина d: 10
Додавання глобальних компонентів, інтегрованих до:				
100 лет	910	3.0	-	-
500 лет	1700	5.0	-	-
10 000 лет	7600	25	-	-
ЦИКЛ ВУГІЛЯ				
Вугілля, старі вугільні заводи	1400	1.4	40	Видобуток вугілля: 2.8 Електростанції: 0,07 Ашд: 1,8

Вугілля, сучасні вугільні заводи	670	0.7		
----------------------------------	-----	-----	--	--

ТАБЛИЦЯ 1. КОЛЕКТИВНА ДОЗА ДЛЯ СВІТОВОГО ГРОМАДСЬКОГО ТА АСОЦІЙОВАНОГО НОРМАЛІЗОВАНОГО КОЛЕКТИВНОГО ДОЗУВАННЯ У 2010 р., ІНТЕГРОВАНА ДО 100 РОКІВ (продовження)

Технологія виробництва електроенергії	Колективна доза (Sv ^a)	Нормалізована колективна доза (man Sv/GW·a ^b)	Частка у загальному світовому виробництві електроенергії (%)	Нормалізовані розряди 222Rn (TBq/GW·a ^c)
ІНШІ				
Природний газ	55	0.10	22	0.75
Олія	0.03	0.0003	4.6	0.002
Геотермальна (населення низької щільності - населення за замовчуванням)	5-160	1-20	0.3	150

Примітка: Клітини з тире вказують на те, що колективна доза не була оцінена. Дози в цій таблиці оцінюються на основі переглянутої методології UNSCEAR для оцінки опромінення населення через радіоактивні викиди.

a Sv: сіверт.

b Sv / GW • a: сіверт / гігават-рік.

c ТБк / ГВт • a: терабеккерель / гігават-рік.

d Значення нормованих скидів 222Rn (ТБк / ГВт • a) для хвостів уранових шахт («Хвост хвостів») та покладів зольного вугілля («Попіл») помножили на 100, щоб врахувати радон, що виділяється протягом 100 років від них

поверхонь. Значення для родовищ вугільної золи також помножили на коефіцієнт 0,6, оскільки відкладається лише 60% утвореного попелу.

е «Глобальний компонент» відноситься до колективної дози через радіонукліди, що циркулюють у всьому світі (3H, 14C, 85Kr та 129I).

(вищий коефіцієнт потужності та триваліший термін експлуатації означають меншу колективну дозу на одиницю виробленої електроенергії).

Колективна доза для населення планети від аварії на АЕС "Фукусіма-Даїчі" та аварії на Чорнобильській АЕС (табл. 3) на два порядки вища, ніж при нормальній експлуатації АЕС за рік, що має паливний цикл.

ТАБЛИЦЯ 2. КОЛЕКТИВНА ЕФЕКТИВНА ДОЗА, НОРМАЛІЗОВАНА ДЛЯ БЛОКУ ПРОИЗВОДСТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ЕЛЕКТРИЧНИХ ЗАВОДІВ ТА ПРИСТРОЇВ

Технологія виробництва електроенергії	Нормалізована професійна колективна доза внаслідок видобутку та переробки руд, необхідних для будівництва (людина Sv / GW aa)
Ядерна	0.02
Вугілля	0.01
Природний газ	0.01
Сонячна фотоелектрична	0.8
Вітер	0.1
Біомаса	0.01

a Зв / ГВт • a: зіверт / гігават-рік

ТАБЛИЦЯ 3. ОЦІНКИ КОЛЕКТИВНИХ ЕФЕКТИВНИХ ДОЗ ВІД ФУКУШІМА ДАЙЧІ І ЧАРНОБИЛЬСЬКИХ НЕЗАВИЩИН

Аварія	Колективна ефективна доза (тис. Чол. Зв)		
	За перший рік	Понад десять років	До 80 років
Фукусіма Даїчі	18	36	48
Чорнобильський реактор-4	-	-	400

Примітка: - вказує на те, що колективна доза не була оцінена.

Підсумовування дози для всіх осіб, які зазнали ризику, інтегрованих з їхнього віку на момент аварії до досягнення ними 80-річного віку.

Комітет також оцінив біологічний вплив випромінювання від двох внутрішніх випромінювачів: тритію та урану. Внутрішні випромінювачі - це радіонукліди, які відкладаються в органах і тканинах тіла за допомогою інгаляції або їжі. Потрапляючи в організм, вони продовжують подавати дози радіації всередину. Дози в органи від цих випромінювачів, як правило, оцінюються за допомогою моделей, які використовують вимірювання навколишнього середовища або людини. У звіті UNSCEAR 2016 зроблено висновок про відсутність чіткої демонстрації причинно-наслідкової зв'язку між ризиками раку та радіологічним впливом цих внутрішніх випромінювачів.

На закінчення впливає, що радіаційне опромінення населення внаслідок нормальної експлуатації АЕС та інфраструктури ядерного паливного циклу є незначним у порівнянні з фоновим випромінюванням у природі, особливо радоном, що виходить із ґрунту та будівель. Радіаційне опромінення внаслідок людської діяльності - видобуток та переробка руд та відходів, вироблення атомної енергії, виробництво та використання радіоізотопів тощо - підлягає суворому регулюванню та контролю, спрямованому на підтримання радіаційного опромінення у встановлених межах для робітників та членів громадськості.

3.1.2 Рентгенологічні уроки, отримані в результаті аварії на Фукусімі Даїчі

Після аварії на Фукусімі Даїчі однією з головних проблем для жителів Японії стали можливі наслідки для здоров'я, які можуть виникнути в результаті викиду радіоактивних матеріалів із пошкоджених реакторів. Це занепокоєння було особливо важливим для регіонів, що оточують АЕС Фукусіма-Даїчі, які безпосередньо постраждали від евакуації, а також для працівників станції, які були присутніми на момент аварії та які брали участь у надзвичайних та виправних заходах.

У 2015 році МАГАТЕ опублікувало звіт свого генерального директора та п'ять технічних томів про аварію на атомній електростанції у Фукусімі Даїчі . Ця публікація надає опис аварії, її причини, розвиток подій та наслідки на основі оцінки даних та інформації з великої кількості джерел. Четвертий технічний том, озаглавлений "Радіологічні наслідки", представляє огляд досліджень після аварій - включаючи попередні міжнародні оцінки Всесвітньої організації охорони здоров'я та UNSCEAR - зосереджених, зокрема, на можливих наслідках радіаційного впливу на здоров'я та психологічних наслідках особам, які спричинили аварію. Технічний том 4 повідомляє про такі спостереження та отримані уроки:

“- Ризики радіаційного опромінення та приписування наслідків для здоров'я радіації повинні бути чітко представлені зацікавленим сторонам, роблячи однозначним, що будь-яке збільшення випадків впливу на здоров'я в популяціях не пов'язані з опроміненням, якщо рівні опромінення подібні до загальносвітових фонових рівнів опромінення. У випадку аварії на Фукусімі Даїчі дози для населення були низькими та порівнянними із типовими загальносвітовими фоновими дозами. Потрібно чітко інформувати громадськість, особливо постраждалих людей, що внаслідок аварії не очікується помітного збільшення частоти наслідків радіаційного впливу на здоров'я серед підданих впливу громадськості та їх нащадків. Розуміння радіації та її можливого впливу на здоров'я важливо для всіх, хто потрапив у надзвичайну ситуацію, зокрема для лікарів, медсестер, радіаційних технологів та перших медичних служб. Це потрібно забезпечити шляхом відповідної освіти та навчання медичних працівників з питань радіоактивності, радіації та наслідків для здоров'я, пов'язаних з радіаційним опроміненням.

Після ядерної аварії обстеження здоров'я є дуже важливими та корисними, але їх не слід тлумачити як епідеміологічні дослідження. Результати таких обстежень здоров'я мають на меті надати інформацію для надання медичної допомоги постраждалому населенню. Огляд управління

охороною здоров'я у Фукусімі надає цінну медичну інформацію для місцевої громади, допомагаючи швидко визначити будь-які наслідки для здоров'я та вжити відповідних заходів для захисту здоров'я населення. Загальні результати перевірок стану здоров'я можуть надати важливу інформацію, але їх не слід неправильно тлумачити як результати епідеміологічної оцінки.

Потрібні настанови щодо радіологічного захисту для усунення психологічних наслідків для представників постраждалих груп населення після наслідків радіологічних аварій. Робоча група ICRP рекомендує "шукати стратегії пом'якшення серйозних психологічних наслідків, що виникають внаслідок радіологічних аварій . Як наслідки аварії повідомляється про психологічні стани. Це неодноразове питання після аварій, пов'язаних з радіаційним опроміненням. Незважаючи на свою важливість, ці наслідки не були визнані в міжнародних рекомендаціях.Домовленості потрібно передбачити діалог між особами, щоб люди могли шукати роз'яснень та висловлювати свої занепокоєння. Ці заходи потребуватимуть узгоджених зусиль відповідних органів влади, експертів та професіоналів щодо підтримки та консультування постраждалих осіб та громад. Обмін інформацією є важливим при передачі рішень щодо захисту цих осіб, включаючи підтримку їх власних ініціатив ".

Недавнє дослідження, проведене Медичною школою медичного університету Фукусіми , підтвердило, що, враховуючи тяжкість аварії, прямий вплив радіації на здоров'я порівняно добре контролювався не лише серед працівників аварійних служб, але й серед мешканців. Дослідження також висвітлило такі серйозні проблеми охорони здоров'я, які не пов'язані з радіацією, такі як смерть під час евакуації, крах системи радіаційної екстреної медичної допомоги, збільшення смертності серед переміщених людей похилого віку та проблеми охорони здоров'я серед жителів Фукусіми.

3.2 Адаптація ядерної енергетики для кліматичних змін

Технології викопного палива є основними рушіями глобального потепління, тоді як ядерні та відновлювані джерела енергії можуть сприяти зменшенню викидів парникових газів, але кліматичні зміни впливатимуть на всі енергетичні технології. Цей розділ спирається на публікацію МАГАТЕ, яка зараз готується, яка представляє систематичний огляд впливів на енергетичний сектор та варіанти зменшення вразливості до таких наслідків та можливості адаптації до них.

Найважливіші аспекти поступових змін клімату (ССЗ) (стійкі зміни середнього значення та / або мінливості властивостей клімату протягом тривалого періоду, як правило, кілька десятиліть), що стосуються ядерної енергетики та розглядаються тут, включають повільні зміни середньої температури, кількість опадів, вітряність та рівень моря. Другий тип кліматичних впливів - це зміни частоти виникнення екстремальних погодних явищ (ЕВЕ) (визначаються як значення погодних або кліматичних змінних, близьких до верхнього або нижнього кінця спостережуваного діапазону), які є найбільш важливими для ядерної енергетики включаючи зміну схеми (частоти, інтенсивності, тривалості, часу та / або просторового масштабу) екстремально високої та низької температури та опадів, екстремального сильного вітру, штормів (тропічних та позатропічних циклонів, ураганів, тайфунів, торнадо) та штормових сплесків, блискавок та ліс та лісові пожежі.

Для всіх кліматичних тенденцій та ЕВЕ важливо розрізнити прямі впливи (ті, що безпосередньо впливають на ядерні споруди або інфраструктуру) та непрямі впливи (спричинені кліматичними чи погодними явищами, що впливають на інші компоненти енергетичної системи або навколишнє середовище, що впливають на ядерну енергію). Наприклад, блискавка може пошкодити контрольно-вимірювальні прилади АЕС безпосередньо. На відміну від цього, хуртовина, що порушує лінії електропередач та змушує нецілісну АЕС зупинити з міркувань безпеки

(відключення станції), є непрямим ефектом. Розрізнення між прямими та непрямыми впливами є важливим для оцінки та реалізації варіантів зменшення впливу та збільшення адаптаційних можливостей уражених компонентів сектору атомної енергетики, а також для забезпечення більш безпечної роботи та забезпечення енергії. У цьому розділі основна увага приділяється фазі виробництва енергії в циклі ядерної енергетики. Кілька вибраних впливів та відповідні варіанти адаптації представлені спочатку для GCS, а потім аналогічна оцінка для EWE.

3.2.1 Поступові зміни клімату

АЕС експлуатуються в різних кліматичних умовах - від холодних помірних до теплих тропічних регіонів і добре пристосовані до переважаючих погодних умов. Однак вони можуть зіткнутися з новими викликами, і їм доведеться реагувати жорсткими (конструктивні чи структурні методи) або м'якими (експлуатаційні процедури) заходами в результаті зміни клімату. Більш високі середні температури навколишнього середовища знижують теплову ефективність усіх термоелектричних установок, включаючи та АЕС. МГЕЗК передбачають зростання загальної середньої температури поверхні до $0,300^{\circ}\text{C}$ (нижній кінець найнижчого сценарію) та $4,8^{\circ}\text{C}$ (верхній кінець найвищого сценарію) до 2100 року. в діапазоні $0,3\text{--}0,7^{\circ}\text{C}$ у період 2016–2035 рр. .

За останніми оцінками, при кожному підвищенні на 1°C щомісячної температури навколишнього середовища потужність генерації АЕС зменшується на 0,7% при низьких температурах (близько 0°C) і на 2,3% при високих температурах (близько 20°C) . Чисті економічні збитки операторам залежатимуть від їх місцезнаходження та ціни продажу електроенергії.

Окрім розміщення нових рослин у районах, де очікується підвищення температури нижче середнього, що не може бути вибором для багатьох країн, немає жодних варіантів, щоб уникнути зниження теплової

ефективності через більш високі температури. Більше того, навіть якщо розміщення в більш прохолодному районі було б варіантом, температура навколишнього середовища була б лише одним з десятків факторів, які впливають на розміщення, багато з яких мали б більший вплив на остаточне рішення щодо розміщення їх температури. Інші варіанти включають використання різних, більш ефективних систем охолодження.

Зміна клімату також змінить схему опадів у більшості регіонів. Вплив поступового збільшення середньорічних опадів буде позитивним, оскільки більша кількість води буде доступна для охолодження. Однак значно більші опади можуть призвести до повені, що може мати серйозні наслідки .

На відміну від цього, зменшення річних опадів призведе до довгострокового зниження рівня води в річках та озерах, що забезпечує охолоджуючу воду для існуючих АЕС, і це може спричинити серйозні проблеми. У районах, де тривалий характер опадів зменшить доступність води, АЕС повинні конкурувати з багатьма іншими життєво важливими потребами дефіцитної води. За несприятливих обставин може знадобитися скоротити або навіть зупинити виробництво, якщо рівень води занадто низький. Варіанти адаптації для уникнення таких подій включають встановлення можливостей для повторного використання стічних вод та рекуперації випареної води в рециркуляційних системах. Додавання нових водойм охолодження або збільшення потужності існуючих водойм охолодження також може допомогти. Поліпшення мокрого охолодження та встановлення сухого охолодження - подальші варіанти.

Більш висока середня швидкість вітру, спричинена мінливим кліматом, може мати певний вплив на АЕС. Більш стійкий вітер та туман можуть з часом нести додатковий сольовий спрей для рослин поблизу узбережжя. Сіль, що осідає на відкритих кабелях та металевих деталях, призведе до швидшої корозії та, можливо, до короткого замикання, якщо відкладення не будуть регулярно очищатися. Для рослин у сухих районах більш високі середні вітри можуть утворювати більше пилу та бруду, що може

спричинити проблеми з механічними пристроями, електронними платами та іншими чутливими частинами. Як для солі, так і для пилю, посилене профілактичне обслуговування, відповідне екранування та ущільнення є ефективними рішеннями.

Хоча підвищення рівня моря ще не вплинуло на жодну АЕС, воно загрожує однією з найбільш економічно шкідливих подій зміни клімату. Будь-яке підтоплення може бути проблематичним для АЕС, але підвищення рівня моря в поєднанні з прибережними штормами може призвести до затоплення ділянки. Підняття дамб та інших захисних набережних - це технічно прості та економічно доступні варіанти адаптації.

3.2.2 Екстремальні погодні явища

АЕС побудовані для протистояння ЕВЕ, які можливі на основі минулого досвіду, як правило, найгіршої очікуваної події, не завжди природних шкідливих явищ, на ділянці електростанції протягом 50 або 100-річного періоду або набагато довше (наприклад, 500-річна повінь) . Однак у міру зміни клімату минулі події стають дедалі невідповіднішою основою для прогнозування тяжкості майбутніх подій. Існуючі АЕС можуть стати вразливими до ЕВЕ, і розміщення та проектування майбутніх АЕС повинні враховувати зміну кліматичних умов. АЕС піддаються додатковому рівню вразливості, крім тих, з якими стикаються інші типи генераторних установок. Різні типи ВЗВ можуть впливати на критичні системи безпеки та можуть збільшувати ризики для здоров'я людей та навколишнього середовища, роблячи адаптацію більш ніж економічним розрахунком для своїх власників. Можливо, з часом потрібно буде адаптувати вимоги до ліцензування. Забезпечення того, щоб зовнішні події не призвели до відмов системи безпеки, є найвищим пріоритетом для адаптації до EWE.

ТАБЛИЦЯ 4. ВПЛИВ ПОСТІЙНИХ ЗМІН КЛІМАТУ І АДАПТАЦІЇ В ЯДЕРНІЙ ЕНЕРГІЇ

Вплив	Потенційні вразливості	Приклади варіантів адаптації
Вищі середні температури	Зниження теплової ефективності і зниження ефективності охолодження	Виберіть місце з прохолодним місцевим кліматом, де це можливо, і використовуйте різні конструкції охолодження
Нижня середня кількість опадів	Нижня середня кількість опадів	Повторно використовувати стічні води, витягувати випарену воду в рециркуляційних системах, будувати водойми для охолодження, покращувати мокре охолодження, встановлювати сухе охолодження
Підвищена вітряність біля узбережжя та сухих районів	Солеві бризки з моря можуть призвести до тривалої корозії та короткого замикання електрообладнання, а пил і пісок, що переносяться вітром, можуть призвести до несправності обладнання	Збільшити частоту профілактичного обслуговування та захисного обладнання
Підвищення рівня моря	Підтоплення низько розташованих прибережних ділянок	Підніміть дамби та інші захисні набережні

АЕС - одна з найскладніших технологій виробництва електроенергії, що вимагає великої кількості систем для безпечної та належної роботи. До основних компонентів, вразливих до EWE, належать ті системи, які необхідні для забезпечення доступу до електромереж, водяного охолодження,

електронного контролю та моніторингу, фізичного доступу до установки, цілісності конструкції та вентиляції.

Доступ до води для системи охолодження так само важливий, як і електроенергія, необхідна для її перекачування. Довгострокові зміни клімату можуть призвести до більш сильних холодів взимку та сильної спеки влітку. Спекотна погода може сприяти цвітінню водоростей або нестримному зростанню водоростей та інших рослинних матеріалів, які також можуть блокувати споживання охолоджуючої води. Якщо охолоджуюча вода занадто гаряча через високі температури навколишнього середовища, охолоджуюча здатність може зменшитися, а безпека може бути поставлена під загрозу. Якщо скидання відпрацьованої охолоджуючої води в річку або озеро підвищить температуру вище межі, дозволеної стандартами теплового забруднення, АЕС повинна знизити рівень своєї експлуатації або взагалі вимкнутись до зниження температури навколишнього середовища. Тривала посуха може призвести до нормування води, що обмежить споживання води для охолодження з тими ж наслідками для експлуатації.

Більшість EWE, як правило, посилюють наслідки поступових змін у пов'язаних з ними атрибут клімату на АЕС. Збільшення частоти екстремальних жарких температур та низьких періодів опадів (іноді призводять до посухи) погіршує вплив вже теплих умов: зниження теплової та охолоджувальної ефективності, перегрівання будівель та проблеми з водою. Охолодження будівель, особливо тих, що містять ключові контрольно-вимірювальні прилади та обладнання, є надзвичайно важливим для АЕС. Позитивним є те, що менша частота екстремальних холодів та морозів призведе до меншої корозії. Екстремальні явища з високою температурою збільшують потребу в заходах з адаптації, крім тих, що призначені для пом'якшення наслідків далі, ніж за ЗКЗ. Як вторинний вплив, тепло може прискорити ріст біологічного матеріалу, який може засмітити надходження охолоджуючої води, що призведе до зменшення утворення або зупинки. Непрямими біологічними впливами легко управляти, збільшуючи

обслуговування екранів, щоб забезпечити, щоб біологічна речовина не засмічувала системи водозабору.

В екстремально холодних умовах лід може перекрити надходження охолоджуючої води система, зменшуючи потік охолоджуючої води до небезпечних рівнів. Замерзання труб може призвести до внутрішнього затоплення критичних районів, а ожеледиця також може пошкодити систему електромереж. Напрямок нагрітої води від системи охолодження до вхідного отвору та ізоляція критично важливих трубопроводів є простими варіантами технічного пристосування.

Місцеві високі опади можуть спричинити повені безпосередньо на місці електростанцій, пошкодити будівлі, обладнання та компоненти паливного циклу, такі як сховище відпрацьованого палива, наприклад сухі бочки на місці (рис. 5). Повені вище за течією в басейні річки можуть нести велику кількість сміття та предметів, накопичених на березі річки, що вимагатиме запобіжних заходів для захисту надходження охолоджуючої води. Варіанти адаптації включають жорсткі заходи, такі як захист від повені дамбами, набережними, водосховищами для боротьби з повенями, ставками, каналами, вдосконалення дренажу, перенаправлення та ізоляція водопровідних труб, тоді як м'які заходи включають зонування та обмеження діяльності в районах, схильних до повені.

Конструкції та пов'язані з будівлями системи, такі як вентиляція, також повинні протистояти ЕВЕ. Цілісність контейнера реактора та прилеглих конструкцій є критично важливою для забезпечення безпеки, як і цілісність конструкцій, що захищають зберігання відпрацьованого палива та радіоактивних відходів. Будинки, в яких розміщені дизель-генератори, контрольне обладнання тощо, також повинні витримувати сильний вітер, снаряди, що рухаються під сильним вітром, повені та великі навантаження через дощ або сніг. Екстремальні перепади тиску, що супроводжуються сильним вітром, а також димом і попелом, можуть погіршити вентиляційні

системи, без яких персонал не зможе продовжувати залишатися в постраждалих будівлях.

Екстремальні вітри та шторми (торнадо та інші рідкісні події) можуть пошкодити будівлі, градирні та сховища. Сильний вітер та блискавка (див. Нижче) завжди були загрозою для АЕС, і загроза буде зростати, оскільки ці ВЕВ стануть більш інтенсивними в результаті зміни клімату. Загалом, критично важливі системи безпеки добре захищені посиленними конструкціями, призначеними для протистояння екстремальним вітрам. Як правило, найбільшою загрозою від вітрів є їх здатність відключати електроенергію від електромережної системи або поза майданчиком, або у внутрішніх електромережах АЕС. Без підключення до енергосистеми протягом будь-якого періоду часом реактори АЕС повинні спрацювати, щоб припинити виробництво електроенергії. Однак системи безпеки АЕС повинні продовжувати працювати і для цього їм потрібна потужність. Дизельні генератори заповнюють цю прогалину. Оновлення будівельних норм може зменшити ризик структурних пошкоджень.

Штормові сплески, накладені на підвищення рівня моря, збільшують ризик повені для всіх об'єктів у низько розташованих прибережних районах. Багато впливів та варіанти адаптації подібні до тих, що представлені для екстремальних опадів та повені, що виникає в результаті.

Електронні системи управління та моніторингу складаються з чутливого електронного обладнання та кілометрів кабелів та датчиків, які всі можуть бути пошкоджені ударами блискавки або роз'їдені вологою, пилом, піском та сіллю. Зміна клімату може збільшити інтенсивність штормів, які спричиняють удари блискавки, а також підсилити основні причини корозії, які можуть призвести до короткого замикання. Хоча ймовірність того, що кілька систем виходять з ладу одночасно, низька, загроза існує і її слід враховувати. Блискавка може призвести до короткого замикання або створення помилкових сигналів у приладобудуванні, а також може призвести до короткого замикання підключень живлення на місці, резервного

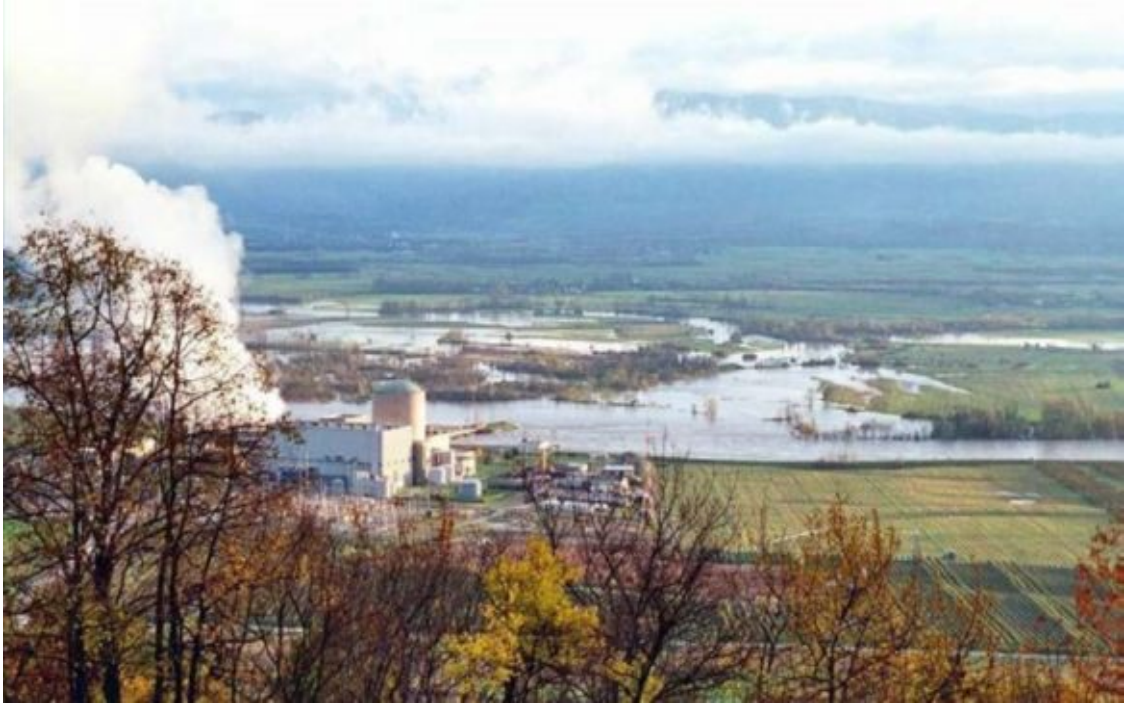


Рис. 5. Повені навколо атомної електростанції Кршко в Словенії в 1990 році.

підключення дизеля та засобів управління на АЕС. Експозиція буде зменшена шляхом забезпечення того, щоб контури були ізольовані та заземлені, ключові ланцюги поховані під землею, а елементи керування дизель-генератора екрановані.

Зсуви та лісові пожежі та лісові пожежі (можливо, розпочаті блискавкою) самі по собі не є ВЕО, але їх може спричинити екстремальна погода. Зміна клімату може посилити шторми та характер опадів, що призводять до зсувів, а також може посилити посуху, створюючи умови для стихійного пожежі. Розміщення АЕС враховує потенціал підвищеної ймовірності зсувів та лісових та лісових пожеж, тому прямих загроз від цих подій мало. Однак такі події можуть порушити лінії електропередач, що з'єднують АЕС з мережевою системою. Вони обидва можуть також порушити аварійний доступ до АЕС та поза нею. Зсуви та пожежі поблизу можуть потенційно заважати персоналу АЕС входити або виходити з станції. Іншим непрямим комбінованим впливом є задимлення, яке продувається від пожеж на АЕС, що може пошкодити чутливе обладнання та перешкоджати

доступу критично важливого персоналу, постачальників та працівників реагування на надзвичайні ситуації. Найважливіші впливи ВПЕ на АЕС узагальнені в таблиці 5.

Аналіз ризиків ЕВЕ був частиною стрес-тестів на аварії на європейських АЕС після аварії на Фукусімі-Дайчі, проведених Європейською групою регуляторів ядерної безпеки. Подібні випробування або детальні перевірки та інженерні оцінки АЕС проводились і в інших регіонах. В рамках європейського стрес-тесту було оцінено 140 АЕС у 17 країнах (15 держав-членів Європейського Союзу плюс Швейцарія та Україна). Остаточний звіт рекомендує чотири основні напрями підвищення безпеки: стандартизоване розширення запасів міцності поза проектною базою, проведення чергового періодичного огляду безпеки в 2021 р., розпочати захист цілісності захисного шару зараз, та (покращений захист від стихійних лих. Реалізуючи отриманий план дій, ядерні оператори значно зменшать свою вразливість до країн GCC та EWE у найближчі десятиліття.

Підсумовуючи, найбільш значним впливом GCC на АЕС є погіршення теплової ефективності та обсягу та температури води в сусідніх водоймах, що впливає на доступність охолоджуючої води. Широкий вибір альтернативних варіантів охолодження вже доступний або все частіше розглядається для боротьби з дефіцитом води, починаючи від повторного використання стічних вод та відновлення випареної води до встановлення сухого охолодження .

Наслідки EWE для АЕС можуть бути серйозними через характер технології. Надійне взаємозв'язок (підключення електроенергії та приладів на місці) неушкоджених ключових компонентів (корпус реактора, охолоджувальне обладнання, прилади управління, резервні генератори) є необхідними для безпечної експлуатації та / або зупинки ядерного реактора. Надійне підключення до енергосистеми для енергопостачання систем охолодження та приладів управління в надзвичайних ситуаціях - ще один важливий пункт. Кілька EWE можуть пошкодити важливі компоненти або порушити їх взаємозв'язок. Профілактичні та захисні заходи включають

технічні та інженерні рішення (ізоляція контурів, екранування, захист від повені) та пристосування роботи до екстремальних умов (знижена потужність, відключення).

Однак важливо зазначити, що атомна промисловість має великий досвід адаптації своїх заводів та операцій до мінливих умов навколишнього середовища, а також обліку кліматичних та інших факторів навколишнього середовища при виборі майданчика та будівництві нових АЕС. Як показано в цьому розділі, варіанти адаптації мають технічний або процедурний характер, які можна забезпечити за помірних витрат під час планових відключень технічного обслуговування. Немає вказівки на те, що в найближчі кілька десятиліть будуть потрібні дорогі заходи з адаптації, такі як фундаментальний ремонт або великі будівельні роботи, що зробить нині діючий парк АЕС неекономічним.

3.2.1 Динаміка Зміни клімату та залежність від неї технологій захисту елементної бази АЕС

Елементная база АЕС - реактор, турбогенератор, трансформатор, ЛЕП, вода як робоче тіло, вода як охолоджувач, ставок, труби, елементи реактора, захисні екрани і т.д.

Поряд з кожною станцією є ставок. За рівнем води і температурою в ньому стежать. В Україні клімат змінюється, про це повідомлялося в презентації Балабух В. О. зав. відділом прикладної метеорології та кліматології УкрГМІ ДСНС та НАН України. в сторону субтропічного, тобто більш теплого і вологого.[8]

Середня за рік приземна температура повітря у базовий (1961-1990) та сучасний (1981-2010) кліматичні періоди

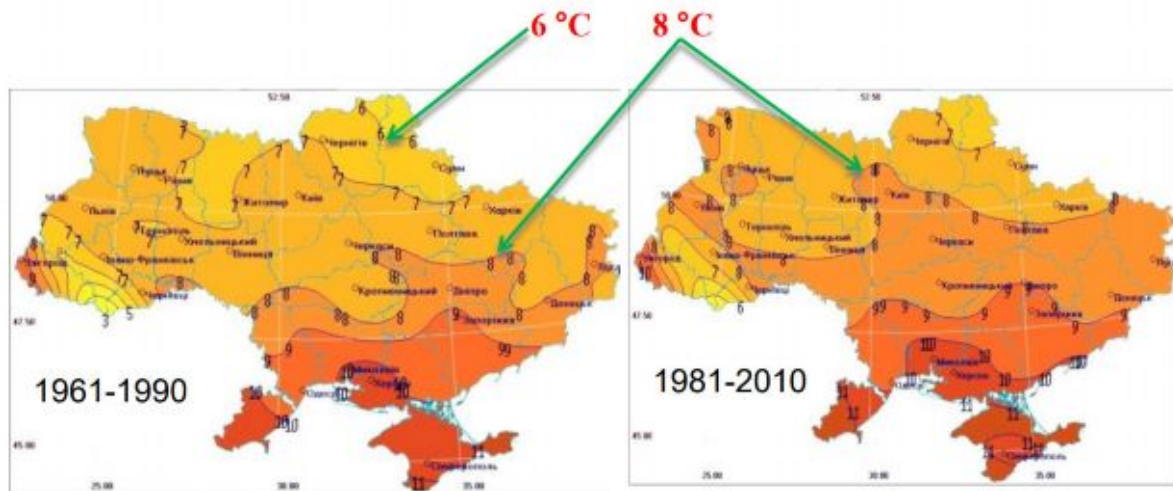


Рис. 6 Інфографік Середньої за рік приземної температури повітря у базовий (1961-1990) та сучасний (1981-2010) кліматичний період

У вологому середовищі з більшою швидкістю йдуть процеси корозії металів і ін., Зростає вологість ґрунту, її плинність, механічні властивості опорних споруд, ЛЕП, в разі ожеледиці під вагою льоду на проводах опори падають. Знеструмлення станції - це аварійна ситуація. Саме з відпрацюванням технології захисту від таких аварій сталася ЧАЕС. Щоб не вибухнув реактор, його треба все-час охолоджувати, а для цього треба, щоб працювали насоси. Ці насоси живляться від зовнішньої електромережі, генератори для дач не підходять. В якості внутрішнього джерела електроенергії розглядався варіант продовжує по інерції обертатися турбіни. Всі розрахунки підтверджували таку можливість. Але для цього треба було відключити реактор. А порядок відключення був грубо порушений. Тривав експеримент. Цю технологію, мабуть, так і не відпрацювали - сталася аварія.

3.2.2 Екстремальні погодні явища, які супроводжують кліматичні зміни та підготовленість до них захисних технологій

Багато екосистем та людські системи вразливі до клімату екстремальних явищ, такі як хвилі спеки, посухи, повені, циклони та лісові пожежі, що

трапляються в сучасних кліматичних умовах. Ці крайності змінюють екосистеми та призводять до пошкодження та втрати наземних, морських та прибережних екосистем

Екстремальні кліматичні та погодні умови також можуть завдати шкоди інфраструктурі та населеним пунктам, що призведе до поломки інфраструктурних мереж та таких важливих служб, як електроенергія, водопостачання, медичні та аварійні служби.

Протягом довгих періодів, таких як сотні років, накопичення дуже малих доз довгоживучих радіонуклідів призводить до більших колективних доз від ядерного паливного циклу.(ніж від спалювання вугілля)

Колективна доза для населення планети від аварії на АЕС "Фукусіма-Даїчі" та аварії на Чорнобильській АЕС (табл. 3) на два порядки вища, ніж при нормальній експлуатації АЕС за рік, що має паливний цикл.

Важливо розрізнити прямі впливи (ті, що безпосередньо впливають на ядерні споруди або інфраструктуру) та непрямі впливи (спричинені кліматичними чи погодними явищами, що впливають на інші компоненти енергетичної системи або навколишнє середовище, що впливають на ядерну енергію).

За останніми оцінками, при кожному підвищенні на 1°C щомісячної температури навколишнього середовища потужність генерації АЕС зменшується на 0,7% при низьких температурах (близько 0°C) і на 2,3% при високих температурах (близько 20°C). Чисті економічні збитки операторам залежатимуть від їх місцезнаходження та ціни продажу електроенергії. Зменшення річних опадів призведе до довгострокового зниження рівня води в річках та озерах, що забезпечує охолоджуючу воду для існуючих АЕС, і це може спричинити серйозні проблеми.

Сіль, що осідає на відкритих кабелях та металевих деталях, призведе до швидшої корозії та, можливо, до короткого замикання, якщо відкладення не будуть регулярно очищатися.

Хоча підвищення рівня моря ще не вплинуло на жодну АЕС, воно загрожує однією з найбільш економічно шкідливих подій зміни клімату. Будь-яке підтоплення може бути проблематичним для АЕС, але підвищення рівня моря в поєднанні з прибережними штормами може призвести до затоплення ділянки. Підняття дамб та інших захисних набережних - це технічно прості та економічно доступні варіанти адаптації.

Спекотна погода може сприяти цвітінню водоростей або нестримному зростанню водоростей та інших рослинних матеріалів, які також можуть блокувати споживання охолоджуючої води. Якщо охолоджуюча вода занадто гаряча через високі температури навколишнього середовища, охолоджуюча здатність може зменшитися, а безпека може бути поставлена під загрозу.

Позитивним є те, що менша частота екстремальних холодів та морозів призведе до меншої корозії. Екстремальні явища з високою температурою збільшують потребу в заходах з адаптації, крім тих, що призначені для пом'якшення наслідків далі, ніж за ЗКЗ. Як вторинний вплив, тепло може прискорити ріст біологічного матеріалу, який може засмітити надходження охолоджуючої води, що призведе до зменшення утворення або зупинки. Місцеві високі опади можуть спричинити повені безпосередньо на місці електростанцій, пошкодити будівлі, обладнання та компоненти паливного циклу, такі як сховище відпрацьованого палива, наприклад сухі бочки на місці.

Цілісність контейнера реактора та прилеглих конструкцій є критично важливою для забезпечення безпеки, як і цілісність конструкцій, що захищають зберігання відпрацьованого палива та радіоактивних відходів. Будинки, в яких розміщені дизель-генератори, контрольне обладнання тощо, також повинні витримувати сильний вітер, снаряди, що рухаються під сильним вітром, повені та великі навантаження через дощ або сніг. Екстремальні перепади тиску, що супроводжуються сильним вітром, а також димом і попелом, можуть погіршити вентиляційні системи, без яких персонал не зможе продовжувати залишатися в постраждалих будівлях.

Сильний вітер та блискавка завжди були загрозою для АЕС, і загроза буде зростати, оскільки ці ВЕВ стануть більш інтенсивними в результаті зміни клімату. Загалом, критично важливі системи безпеки добре захищені посиленими конструкціями, призначеними для протистояння екстремальним вітрам. Як правило, найбільшою загрозою від вітрів є їх здатність відключати електроенергію від електромережної системи або поза майданчиком, або у внутрішніх електромережах АЕС.

ТАБЛИЦЯ 5. ВПЛИВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ПОГОДНИХ ПОДІЙ ТА ОПЦІЙ АДАПТАЦІЇ В ЯДЕРНІЙ ЕНЕРГІЇ

Вплив	Потенційні вразливості	Приклади варіантів адаптації
Сильна спека	Тепло може обмежити скидання води, якщо температури занадто високі для регулювання якості води, що, в свою чергу, може зменшити генерацію або змусити відключити; тепло може додатково знизити ефективність охолодження; Тепло може сприяти швидкому зростанню біологічного матеріалу, який може засмітити споживання охолоджуючої води, що призведе до зменшення утворення або зупинки.	Скоротить генерацію, щоб уникнути підвищення температури потоку води, що скидається, вище норми; перейти з одноразового охолодження на рециркуляційне для зниження температури води, що скидається; перейти з вологого на сухе охолодження; збільшити обслуговування екранів, щоб забезпечити, щоб біологічна речовина не засмічувала систему водозбору.
Сильний холод	Лід може засмітити водяне охолодження, призводить до зменшення генерації або автоматичного відключення; лід може перешкоджати доступу рослин; промерзання труб може призвести до внутрішнього затоплення; лід може пошкодити мережеву систему.	Проведіть нагріту воду від системи охолодження до зони впуску; ізолювати критичні трубопроводи.
Опади	Надмірний дощ може	Заборонити будівництво в

	спричинити повені, надзвичайно сильний сніг може обвалити неармовані конструкції; сильний дощ та сніг можуть перешкоджати доступу заводів до критичного персоналу та постачання запасів. Повені можуть нести сміття, яке може перекрити надходження охолоджуючої води	районах, схильних до повені; забезпечити захист від повені дамбою, водосховищем та вдосконаленням дренажу; захистити зони водозабору.
--	---	---

ТАБЛИЦЯ 5. ВПЛИВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ПОГОДНИХ ПОДІЙ ТА ВАРІАНТІВ АДАПТАЦІЇ В ЯДЕРНІЙ ЕНЕРГІЇ(продовження)

Вплив	Потенційні вразливості	Приклади варіантів адаптації
Посуха	Низький рівень води 1. Може змусити рослини зменшити виробництво 2. зупинити виробництво.	Впровадити альтернативні варіанти охолодження: повторне використання стічних вод, відновлення випаровується води в рециркуляційних системах; перейти на сухе охолодження.
Сильний вітер	Вітрові снаряди можуть 1. пошкодження будівель та резервних генераторів; 2. може вивести з ладу мережеву систему.	Встановіть щити від снарядів. Створити достатню потужність для надзвичайних ситуацій.
Повені або підвищення рівня моря	Прибережні рослини можуть стати 1. вразливими до штормових сплесків, коли рівень моря піднімається і шторми стають інтенсивнішими; 2. внутрішні рослини можуть стати вразливими до річкових паводків, які можуть 3. призвести до	Враховуйте ризики повені при виборі місця для нових рослин; будувати земляні роботи, щоб мінімізувати ризик затоплення; модернізувати стійкі до повені двері; підвищити висоту резервних дизельних генераторів.

	автоматичного відключення, але також можуть 4. пошкодити критично важливі системи безпеки та взаємозв'язки мережевих систем 5. загрожувати накопиченню відпрацьованого палива.	
Блискавка	1. Може коротке замикання або створити помилкові сигнали в приладобудуванні; 2. може короткозамкнути підключення живлення на місці та резервне підключення дизеля та елементи управління.	Переконайтеся, що схеми ізольовані та заземлені; поховати ключові схеми під землею; щит дизель-генераторів управління.
Пожежі та Лісові пожежі	Може порушити доступ до електростанцій критично важливим персоналом, службами постачання та аварійними службами.	Розробити плани аварійного доступу та реагування на випадок найближчих пожеж.

ВИСНОВКИ

В даній роботі розглянуті і підтверджені факти того що середньорічна температура може підійматися на $0,5^{\circ}\text{C}$ кожні 40 років.

Також я розкрив проблеми ядерної енергетики та вплив зміни клімату на неї.

Було представлено варіанти зміни клімату, чим вони небезпечні, та які наслідки вони понесуть для АЕС.

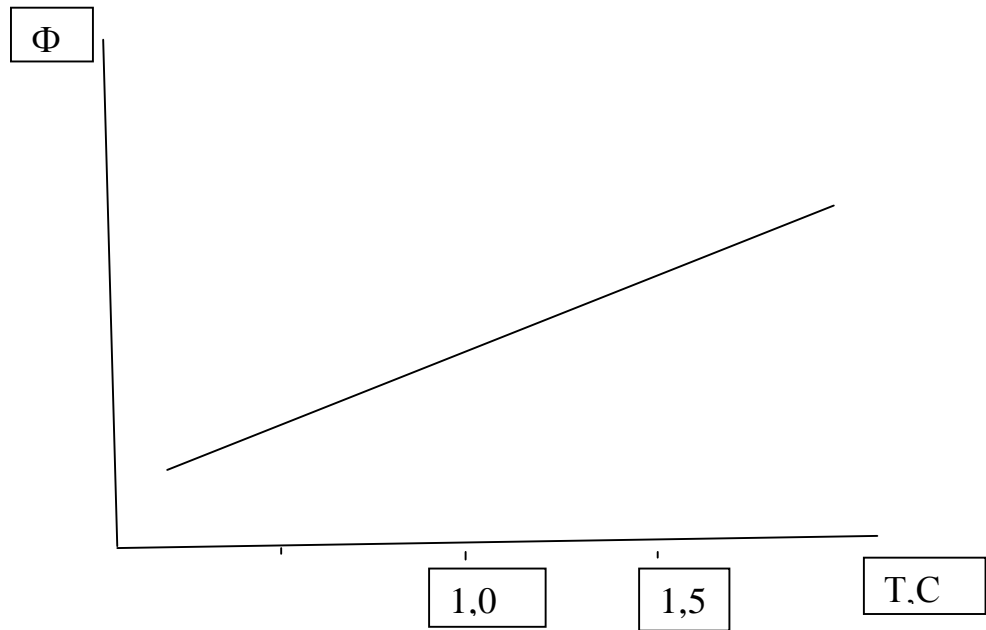
Для кожного варіанту впливу на АЕС біло представлено варіант рішення проблеми.

З магістерської роботи ми можемо дізнатися:

1. Внаслідок кліматичних змін середньорічна температура може підійматися на $0,5^{\circ}\text{C}$ кожні 40 років.
2. З таблиці 1 (с.27 - доза опромінювання для ЯТЦ дорівнює 13%, а для вугілля 40 %). З цих даних можна розрахувати коефіцієнт ваги K цих забруднювачів: ЯТЦ – 0,13; вугільна промисловість – 0,40 і т.д.
3. Для промисловості (як для ЯТЦ, так і для вуг. енергетики) з табл. 4 і 5 можна вибрати основні ризики: посуха, шторм, опади і т.д. Наприклад їх 10. Для кожного ризику визначаємо рівень небезпеки M (кількість зірочок у другій колонці табл..5)
4. З третьої колонки беремо кількість заходів N , що знижують рівень безпеки та ділимо на неї.
5. Отримаємо загальний (інтегральний фактор ризику Φ).

$$\Phi = \sum 013 * M / N + 0,40M1/N1 + \dots$$

6. Будуємо графік залежності Φ як функції підвищення температури E



7. Інтервал зміни фактора ризику - від 0 до 1. 0 - нічого трапитися не може. А 1 - 100% аварія. Число вразливостей в табл.5 його збільшує, а число адаптацій - зменшує.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. F. Aliotta, J. Gapinski, R.C. Ponterio Excess compressibility in binary liquid mixture. //J.Chem. Phys. - 2007. – 126. - 224508.
2. O. Redlich and A.T. Kister Algebraic representation of thermodynamic properties and the classification of solution. //Ind. Eng. Chem. - 1948.- 40.- p. 345-348.
3. Jean-Pierre Hansen, Ian R. McDonald Theory of Simple Liquids. - Academic Press, 1976. – 426 p.
4. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, Greenhouse Gas Bulletin No. 13, WMO, Geneva (2017).
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, Reference Data Series No. 1, 2018 Edition, IAEA, Vienna (2018).
6. Robert L. Olson «The Future of Radiation Protection: 2025» A Handbook for Improving Radiation Protection
7. Герасимов О.І., «Технології захисту навколишнього середовища», підручник, 2018 .300 с.
8. Електронний ресурс. Режим доступу. <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html>