

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Гірничий факультет
Кафедра природоохоронної діяльності

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віктор КОСТЕНКО

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 20__ р.

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА**

на тему: «Оцінка впливу атомної енергетики на навколишнє середовище»

Виконав: студента 4 курсу, групи ЕКО-19

напряму підготовки: 101 Екологія

Георгій ЗГОДНИК

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник проф., д.т.н., Зав.каф.ПД Віктор КОСТЕНКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль:

Олексій КУТНЯШЕНКО

(підпис)

*Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студент _____

(підпис)

Луцьк –2023

Гірничий факультет
Кафедра «Природоохоронна діяльність»
Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр
Напрямок підготовки 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри, д.т.н., проф.
Віктор КОСТЕНКО.
_____. _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра
Георгія ЗГОДНИКА

1. Тема роботи: «Оцінка впливу атомної енергетики на навколишнє середовище»
керівник роботи проф., д.т.н., Зав.каф.ПД Віктор КОСТЕНКО
затверджені наказом вищого навчального закладу від 08.05.2023 р. №181.
2. Строк подання студентом роботи 15.06.2023р.
3. Вихідні дані до проекту: дані про роботу підприємств атомної енергетики України за 2017-2023 рр., інші матеріали переддипломної практики.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Оцінка стану атомної енергетики в Україні; 2. Радіаційне випромінювання атомних електростанцій; 3. Перспектива розвитку системи фінансування атомної енергетики в Україні; 4. Технологічні рішення для підвищення екологічної безпеки АЕС України; 5. Загальні вимоги безпеки при роботі з джерелами випромінювання на АЕС.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
мультимедійна презентація на форматі А4

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Віктор КОСТЕНКО		
Розділ 2	Віктор КОСТЕНКО		
Розділ 3	Віктор КОСТЕНКО		
Розділ 4	Віктор КОСТЕНКО		
Розділ 5	Юлія СИМОНОВА		
Нормоконтроль	Олексій КУТНЯШЕНКО		

7. Дата видачі завдання 30.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Найменування видів робіт	Термін виконання	Форма звітності	Відмітка наукового керівника
Розділ 1 Оцінка стану атомної енергетики в Україні	10.05.2023	Рукопис	
Розділ 2 Радіаційне випромінювання атомних електростанцій	14.05.2023	Рукопис	
Розділ 3 Перспектива розвитку системи фінансування атомної енергетики в Україні	22.05.2023	Рукопис	
Розділ 4 Технологічні рішення для підвищення екологічної безпеки АЕС України	04.06.2023	Рукопис	
Розділ 5 Загальні вимоги безпеки при роботі з джерелами випромінювання на АЕС	04.06.2023	Рукопис	
Оформлення пояснювальної записки	10.06.2023	Рукопис	
Підготовка презентації	15.06.2023	Рукопис	

Науковий керівник

Віктор КОСТЕНКО

Студент

Георгій ЗГОДНИК

АНОТАЦІЯ

Згодник Г.О. Оцінка впливу атомної енергетики на навколишнє середовище / Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра зі спеціальності 101 «Екологія». ДонНТУ, Луцьк 2023р.

Пояснювальна записка містить: 89 с., 21 рис., 5 табл., 29 джерел.

Робота присвячена актуальному питанню оцінки впливу атомної енергетики на навколишнє середовище та підвищенню екологічної безпеки на АЕС України. В роботі проведено оцінку сучасного стану атомної енергетики України. Розглянуто будівництво Централізованого сховища для відпрацьованого ядерного палива в Україні. Розглянуто загальний радіаційний вплив атомних електростанцій на довкілля. Проведено аналіз захворювальності робочого персоналу на одному з підприємств атомної енергетики України. На основі досвіду державно-приватного партнерства в атомній енергетиці США в роботі розглянуто перспективу розвитку системи фінансування атомної енергетики в Україні. Також в роботі розроблено технологічні рішення для підвищення екологічної безпеки АЕС України. Однією з найнебезпечніших аварійних ситуацій, що призводять до запроектої аварії АЕС, особливо під час бойових дій на території країни, є повне тривале знеструмлення. В результаті досліджень експериментально показана можливість відведення значних теплових потужностей на значні відстані за допомогою пародинамічного контуру з теплоносіями, що низько киплять. Отримані результати осьових переносів тепла є високими і можуть бути ще збільшені інтенсифікацією теплообміну як з боку випарника так і з боку конденсатора.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА, РАДІАЦІЯ, ДЕРЖАВНО-ПРИВАТНЕ ПАРТНЕРСТВО, ПАРОДИНАМІЧНИЙ КОНТУР

ANNOTATION

Zhodnyk H.O. Assessment of the impact of nuclear energy on the environment / Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 101 "Ecology". DonNTU, Lutsk 2023

The explanatory note contains: 89 pages, 21 figures, 5 tables, 29 sources.

The work is devoted to the topical issue of assessing the impact of nuclear energy on the environment and increasing environmental safety at Ukrainian nuclear power plants. The paper evaluates the current state of nuclear energy in Ukraine. The construction of the Centralized Storage Facility for spent nuclear fuel in Ukraine was considered. The general radiation impact of nuclear power plants on the environment is considered. An analysis of the morbidity of working personnel at one of the nuclear energy enterprises of Ukraine was carried out. Based on the experience of the public-private partnership in the nuclear power industry of the USA, the paper considers the perspective of the development of the financing system of nuclear power in Ukraine. The work also developed technological solutions to increase the environmental safety of Ukraine's nuclear power plants. One of the most dangerous emergency situations that lead to an out-of-design nuclear power plant accident, especially during hostilities on the territory of the country, is a complete and long-term blackout. As a result of the research, it was experimentally shown the possibility of diverting significant thermal power over considerable distances using a vapor-dynamic circuit with low-boiling coolants. The obtained results of axial heat transfers are high and can be further increased by the intensification of heat exchange both on the side of the evaporator and on the side of the condenser.

Keywords: POWER PLANT, NUCLEAR ENERGY, RADIATION, PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP, STEAM DYNAMIC CIRCUIT

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОЦІНКА СТАНУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ	9
1.1 Структура енергосистеми України	9
1.2 Атомна енергетика в Україні та її вплив на розвиток країни	14
1.3 Експлуатація атомних електростанцій	17
1.4 Актуальні проблеми атомної енергетики в Україні	22
1.4.1 Продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС	22
1.4.2 Безпеки дійсних енергоблоків українських АЕС у відповідності до вимогам МАГАТЕ	24
1.4.3 Конвенція ЕСПО	26
1.4.4 Будівництво замішуючих потужностей в атомній енергетиці	27
1.4.5 ЦСВЯП як рішення проблеми ядерних відходів	28
1.5 Стан роботи атомних електростанцій на період повномасштабного вторгнення на територію України	29
1.6 Висновки за розділом	30
2 РАДІАЦІЙНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	33
2.1 Оцінка радіоційного впливу атомних електростанцій на довкілля	33
2.2 Особливості захворювальності працюючих на підприємстві атомної енергетики	42
2.3 Висновки за розділом	49
3 ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ФІНАНСУВАННЯ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ	51
3.1 Державно-приватне партнерство в атомній енергетиці: досвід США	51
3.2 Еволюція ДПП в атомній енергетиці США	52
3.3 Сучасні урядні стимули для атомних проектів у США	54
3.4 АЕС ВОГЛ — перша атомна будівка у США за останні 30 років	56
3.5 Висновки за розділом	68
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АЕС УКРАЇНИ	71
4.1 Висновки за розділом	79
5 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБІТІ З ДЖЕРЕЛАМИ ВИПРОМІНЮВАННЯ НА АЕС	80
ВИСНОВКИ	85
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87

ВСТУП

У сучасному світі питання енергоспоживання з кожним роком стає все більш актуальним. Збільшення попиту на електроенергію є результатом розвитку світової промисловості, зростання населення, зусиль щодо скорочення викидів вуглецю в атмосферу та інших факторів. У той же час існує відсутність довгострокового використання обмежених ресурсів, таких як нафта, вугілля, природний газ, і незадовільні кліматичні та/або географічні умови, які дозволяють використовувати альтернативні джерела виробництва електроенергії (сонячна, вітрова, геотермальна) дозволити атомній енергетиці зайняти чільне місце в усьому енергетичному комплексі світу.

За даними Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), атомна енергетика забезпечує більше половини загального виробництва електроенергії в Україні. Цей факт підтверджує важливість і необхідність розвитку атомної енергетики в країні.

Особливо гостро постає питання використання атомної енергетики в Україні на фоні війни, що розв'язала росія проти нашої країни. Енергетична незалежність, а також екологічна безпека під час військових дій є одними із найбільших пріоритетів нашої держави.

Мета даної роботи - Оцінка впливу атомної енергетики на навколишнє середовище та підвищення екологічної безпеки на АЕС України.

Об'єкт наукового дослідження в роботі – експлуатація атомних реакторів на АЕС України.

Предмет дослідження – параметри роботи атомних реакторів АЕС України і особливості їх радіаційного впливу на здоров'я людей.

Основні задачі наукової роботи:

- аналіз сучасного стану та існуючих проблем сучасної атомної енергетики України;
- оцінка радіаційного впливу АЕС України на довкілля та здоров'є людей;
- розробка рекомендацій із вдосконалення системи фінансування атомної енергетики в Україні;
- розробка технологічних рішень для підвищення екологічної безпеки АЕС України.

1 ОЦІНКА СТАНУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

1.1 Структура енергосистеми України

Вперше за 20 років Україна зіткнулася із загрозою відключень споживачів від електроенергії через бойові дії. Тепер кожному громадянину корисно знати, як працює Об'єднана енергосистема країни.

Електроенергія у квартири потрапляє по внутрішньобудинкових мережах, які ведуть до найближчого трансформатора.

Трансформатор – перетворювач, який перетворює струм великої напруги на напругу, потрібне споживачеві – 220 вольт (В).

Трансформатор біля вашого будинку – власність обленерго. Це природні монополії, які керують локальними (регіональними) мережами. У кожній області своя компанія.

Після того, як в Україні запуститься повноцінний ринок електроенергії, обленерго втратить свою монополію. Кожен споживач зможе обирати з кількох постачальників електроенергії, включаючи і обленерго.

Постачальники приймають електрику з магістральних ліній електропередач, якими управляє Національна енергетична компанія "Укренерго".

На її балансі понад 370 потужних трансформаторів, які перетворюють струм величезних напруг. Кожен із них розміром із залізничний вагон.

Електроенергія виробляється генеруючими компаніями, спрощено – генерацією. Особливість цього в тому, що його не можна зберігати. Генерація ділиться на чотири основні види: атомну, теплову, великі гідроелектростанції та генерацію з відновлюваних джерел.

Атомна генерація, якою управляє компанія "Енергоатом", належить державі.

Тепловою генерацією управляють кілька компаній. Найбільша з них – енергохолдинг ДПЕК, який належить Рінату Ахметову. ДПЕК експлуатує 9 із 14 теплоелектростанцій.

Ще три входять до державної компанії "Центренерго". Дві, що залишилися, управляються компанією "Донбасенерго", що належить Ігорю Гуменюку.

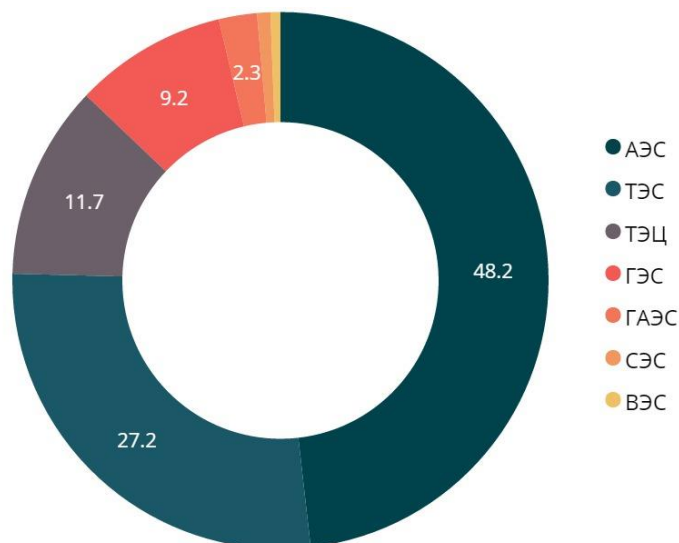


Рисунок 1.1 Структура виробництва електроенергії в Україні у 2015 році

Усі великі гідроелектростанції сконцентровані у компанії "Гідроенерго", що належить державі.

Всі компанії, що виробляють електроенергію з відновлюваних джерел енергії, мають приватні інвестори. Їх кількадесят.

Атомна генерація дає так звану базову електроенергію рівним графіком. Це означає, що генеруючі блоки АЕС працюють з однаковою потужністю, яка вимірюється в кіловатах (кВт).

Кількість виробленої електроенергії вимірюється в кіловат-годинах (кВт * год). Ця одиниця показує потужність електроенергії, виробленої чи спожитої протягом години.

Весь Київ споживає потужність близько мільйона кВт енергії за годину або тисячу МВт. Це означає, що столицю України може забезпечити один енергоблок

атомної електростанції (АЕС) потужністю тисячу МВт.

На чотирьох українських АЕС таких блоків – п'ятнадцять. Загальна проектна потужність усіх українських АЕС – 13835 МВт. Атомна електроенергія найбільш важлива для енергосистеми, оскільки її виробництво обходиться найдешевше.

Рівень споживання змінюється. Наприклад, набагато меншу потужність країна споживає вночі, коли відсутня ділова активність.

Менше електроенергії споживається у вихідні та свята, бо не працюють промислові підприємства та офісні центри, знижується частота руху електротранспорту тощо.

Кількість виробленої електроенергії має дорівнювати кількості споживаної. За тим, щоб постійно зберігався баланс між виробництвом та споживанням, слідкує диспетчер НЕК "Укренерго".

Енергосистема живе за планом, який називається Прогнозний енергетичний баланс. У ньому прописується, скільки електроенергії має зробити конкретна генерація. Щороку його розробляє та затверджує Міністерство енергетики та вугільної промисловості.

Вся виготовлена електроенергія продається в "загальний котел" - Енергоринок. При цьому кожен вид генерації має свій тариф. Його стверджує Регулятор – Національна комісія з регулювання ринку енергетики та комунальних послуг (НКРЕКУ).

У кожної генерації, окрім теплової, тариф фіксований. Наприкінці чергового місяця кошти Енергоринку розподіляються між генераціями відповідно до їх тарифів. Те, що залишилося, поділяється на обсяг електроенергії, виробленої ТЕС.

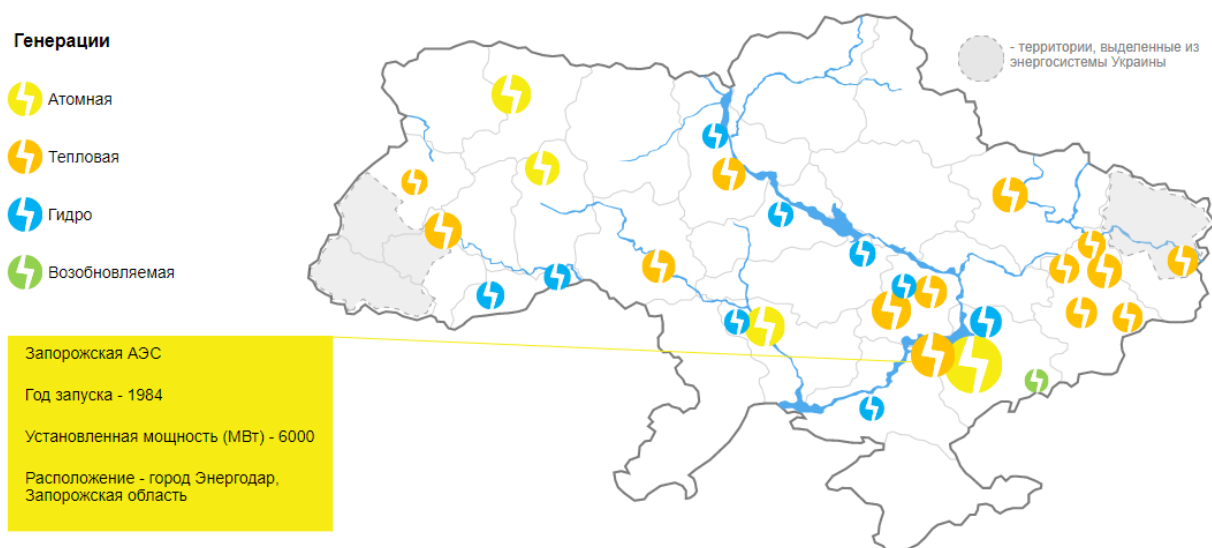
Атомні електростанції не можуть швидко змінювати потужність. Іншими словами – підвищувати та знижувати кількість виробленої енергії. Це з технологічним процесом використання ядерного палива.

АЕС проектувалися для роботи у базовому режимі. Часте переведення блоків з одного рівня потужності на інший несе в собі ризики для роботи обладнання.

Для швидкого маневрування потужністю енергії, що виробляється, використовуються інші види генерації. Найвигідніший спосіб маневрувати потужністю – задіяти гідроелектростанції (ГЕС), які використовують енергію водних мас для обертання турбіни генератора.

В Україні сім великих ГЕС на Дніпрі та Дністрі загальною проектною потужністю понад 4 тисячі МВт. Коли в енергосистемі пік споживання диспетчер наказує "спускати воду" - включати ГЕС. Коли споживання падає, ГЕС зупиняється.

Для маневрування в Україні збудовано також дві гідроакumuлюючі електростанції (ГАЕС): Дністровську та Ташлицьку на річці Південний Буг. Під час низького споживання електроенергії вони використовують її для закачування води у водосховища. Коли настає пік споживання, ГАЕС "скидають воду", надаючи додаткову потужність.



**На карту нанесені всі генеруючі станції, потужність яких перевищує 200 МВт*

Рисунок 1.2 - Профіцит та дефіцит електроенергії

Останніми роками через низьку кількість опадів водосховища України не наповнюються водою в достатньому обсязі. Через це ГЕС не завжди можуть покривати піки споживання електроенергії.

Щоб баланс енергосистеми був стійкішим, використовується універсальна теплова генерація – електростанції, які виробляють енергію, спалюючи паливо.

Виробництво теплової електроенергії обходиться приблизно вдвічі дорожче за атомну, але без неї неможливо збалансувати енергосистему країни.

Теплова генерація може видавати потужність рівним графіком, як АЕС, або маневрувати потужністю – завантажувати та розвантажувати енергоблоки на вимогу диспетчера. Наприклад, вдень – коли ви приходите на роботу, або ввечері – коли ви вмикаєте світло вдома.

В Україні 14 великих теплоелектростанцій (ТЕС) загальною проектною потужністю понад 25 тисяч МВт та 26 менш потужних теплоелектроцентралів (ТЕЦ).

Особливо теплова генерація важлива у зимовий період, оскільки може виробляти як електричну, а й теплову енергію.

Традиційно українські ТЕС працюють на вугіллі. Це найоптимальніше для них паливо. Проте можуть працювати на природному газі та мазуті, хоч вони й дорожчі.

У випадку, коли АЕС виходять у плановий чи неплановий ремонт, а ГЕС не можуть працювати через недостатній рівень води, лише ТЕС рятують баланс енергосистеми.

Останній вид генерації – виробництво електроенергії із відновлюваних джерел. Ще її називають альтернативною енергетикою чи "зеленою генерацією". Це інвестиція у майбутнє. Виробництво такої електроенергії поки що обходиться надто дорого.

До альтернативної відносяться малі ГЕС на невеликих річках, сонячні (СЕС) та вітрові електростанції (ВЕС). А також електростанції, що працюють на

біогазі, що виділяється з відходів життєдіяльності тварин та птахів, та біомасі, що виробляється з відходів деревини та рослин.

На сьогоднішній день найбільшою в Україні генерацією в цьому сегменті є Ботієвська ВЕС проектною потужністю 200 МВт. Теоретично вона може забезпечити електрикою п'яту частину Києва. Однак, насправді виробляє набагато менше електроенергії, тому що вітер не дме із постійною силою.

"Зелену генерацію" не можна використовувати для маневрування потужністю, тому що загальна частка поновлюваної енергетики в енергосистемі країни є дуже малою.

Енергосистема України влаштована таким чином, що кожен вид генерації є життєво важливим для її балансу. А значить – стабільної подачі електрики до будинків українців, школи, лікарні, офіси та на підприємства.

Для того щоб у майбутньому українці не наражалися на небезпеку відключення електроенергії, керівництво країни зобов'язане визначитися зі стратегією розвитку енергетики. Яка генерація використовуватиметься для маневрування потужністю. Звичні ТЕС на вугіллі, дорога відновлювана енергетика чи інший вид генерації. Інакше над Україною завжди висітиме загроза енергетичної залежності.

1.2 Атомна енергетика в Україні та її вплив на розвиток країни

Атомна енергетика та атомна промисловість країни роблять вагомий внесок в економічну та енергетичну безпеку та екологічну стійкість України.

За останні п'ять років частка виробництва атомної енергії в Україні перевищила 50%, а подекуди сягнула 65%. За часткою атомної енергетики в загальному виробництві електроенергії Україна посідає друге місце у світі (після Франції).

Завдяки стабільному функціонуванню атомної галузі населення та промислові підприємства України не мали проблем з паливно-енергетичним забезпеченням, пошкоджень інфраструктури внаслідок анексії Криму та військових дій на сході країни, пошкоджень та збоїв у постачанні вугільної продукції з непідконтрольних українській владі територій.

За роки незалежності створено ефективну інфраструктуру та організаційно-правові основи функціонування атомних електростанцій. Забезпечується належний фізичний захист АЕС. Розроблено систему науково-технічного та навчального забезпечення. Постійно проводяться технічні, організаційні та наукові заходи щодо підвищення безпеки АЕС. Проводиться робота щодо забезпечення довгострокової експлуатації енергоблоків АЕС з метою продовження їх експлуатації понад плановий термін експлуатації на 20 років. На сьогодні в Україні вже продовжено 10 із 15 діючих енергоблоків.

Важко переоцінити вплив атомної галузі на економічну та енергетичну безпеку. Роль атомної енергетики в генеруванні економічного зростання та створенні робочих місць є важливою. За останні три роки пряма зайнятість в атомній галузі становила в середньому 45 тис. робочих місць із сплатою податків до 11,5 млрд грн, що становить близько 1,5% від загального обсягу доходів державного бюджету України. Тому чиста та доступна атомна енергетика є одним із ключових елементів енергетичної безпеки країни та важливим фактором підвищення конкурентоспроможності української економіки.

Окрім значного внеску атомної промисловості в економіку країни, атомні електростанції також позитивно впливають на навколишнє середовище. Серед різних типів джерел генерації електроенергії українські АЕС є найбільшими виробниками електроенергії з низьким рівнем викидів. Важливість атомної енергетики в контексті боротьби зі зміною клімату та реалізації Україною цілей Паризької угоди наголошено в Стратегії низькоємісійного розвитку України до 2050 року. Відповідно до цієї стратегії Україна може досягти своїх кліматичних

цілей, зберігаючи важливу роль атомної енергетики як низьковуглецевого джерела енергії.

За весь час експлуатації українські АЕС уникнули 2,7 млрд тонн викидів CO₂ (з урахуванням продовженого терміну експлуатації 10 АЕС). Якби атомні електростанції були закриті назавжди, щороку викидалося б 70 мільйонів тонн CO₂.

Згідно з Енергетичною стратегією України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», Україна розглядає атомну енергетику як одне з найбільш економічно ефективних джерел енергії з низьким рівнем викидів. Подальший розвиток атомної енергетики до 2035 року базується на тому, що частка атомної енергетики в загальному виробництві електроенергії зростатиме, а атомна енергетика й надалі відіграватиме важливу роль у забезпеченні енергетичної безпеки країни. Забезпечення надійного та безпечного виробництва енергії.

З 1 липня 2019 року в Україні запроваджено нову, лібералізовану модель ринку електроенергії. Це стало важливим кроком у реформуванні енергетичної системи країни та показало, що Україна виконує свої зобов'язання перед енергетичним співтовариством щодо інтеграції до європейського енергетичного ринку.

Нова модель ринку електроенергії працюватиме відповідно до стандартів ЄС і дозволить уникнути запроваджених НКРЕКП дискримінаційних низьких тарифів для АЕС та переходу від ручного регулювання тарифів на електроенергію до встановлення ціни на ринку. Попередній тариф ледве покривав необхідні виробничі витрати українських АЕС і призводив до браку коштів для реалізації інвестиційних проектів.

Нова модель ринку електроенергії зробить правила прозорими та зрозумілими для всіх учасників ринку. Це дозволить запровадити реальну конкуренцію, яка забезпечить зниження цін на електроенергію, підвищення

якості та безпеки послуг з її постачання, підвищення енергетичної безпеки країни завдяки майбутній синхронізації Об'єднаної енергосистеми.

1.3 Експлуатація атомних електростанцій

Історія атомної енергетики в Україні починається з 1977 року, коли було введено в експлуатацію перший енергоблок Чорнобильської АЕС. Згідно з планами розвитку атомної енергетики на пострадянському просторі, в Україні мають побудувати дев'ять атомних електростанцій. У період з 1977 по 1989 рік планувалося запустити 16 енергоблоків загальною потужністю 14800 МВт на 5 АЕС: Запорізькій, Рівненській, Хмельницькій, Чорнобильській, Южно-Українській.

Зростаючий попит на електроенергію сприяв швидкому будівництву атомних електростанцій: на момент техногенної аварії на четвертому блоці ЧАЕС у квітні 1986 року в Україні працювало десять енергоблоків, вісім із яких уже мали потужністю 1000 МВт (чотири ВВЕР-1000 і чотири РВПК-1000). З 1986 р. і до 1990 р. було введено в експлуатацію ще шість АЕС потужністю 1000 МВт кожна: три на Запорізькій атомній електростанції та по одній на Южноукраїнській, Рівненській і Хмельницькій. Проте після аварії на Чорнобильській АЕС у серпні 1990 року Верховна Рада України оголосила мораторій на будівництво та введення в експлуатацію нових атомних електростанцій, внаслідок чого будівництво нових електростанцій у Хмельницькій, Запорізькій та призупинено роботу Рівненської АЕС.

Після скасування мораторію Верховною Радою України виникли питання щодо реконструкції та реконструкції недобудованих енергоблоків. Його будівництво та введення в експлуатацію були необхідні насамперед для того, щоб вирівняти потужність вичерпаного ресурсу енергоблоків і замінити блоки, які не відповідають сучасним вимогам безпеки.

У 1993 році відновлено роботу на блоках №6 Запорізької АЕС, №4 Рівненської АЕС і №2 Хмельницької АЕС.

У жовтні 1995 року введено в експлуатацію 6-й блок Запорізької атомної електростанції. Запорізька атомна електростанція зі встановленою потужністю 6 млн кВт є найбільшою в Європі.

17 жовтня 1996 року постановою Ради Міністрів України № 1268 було утворено Державне підприємство «Національне підприємство з виробництва атомної енергії «Енергоатом».

Чорнобильська АЕС – перша українська АЕС, експлуатація якої закінчилася до закінчення проектного ресурсу. Наразі три блоки електростанції з реакторами РБМК-1000 виводяться з експлуатації, зокрема II блок – з 1991 року після пожежі в машинному залі, I блок – з 1996 року рішенням Уряду України третій блок виведено з експлуатації. з виробництва 2000р.

Постановою Кабінету Міністрів України від 25 квітня 2001 року № 399 Чорнобильська атомна електростанція була виведена зі складу ККВ "Енергоатом". Воно отримало статус державного спецпідприємства.

Після закриття Чорнобильської АЕС в Україні продовжували працювати чотири АЕС з реакторами ВВЕР: Запорізька, Рівненська, Хмельницька та Южноукраїнська, які обслуговували 15 АЕС сумарною встановленою потужністю 13835 МВт.

Історія створення Державного агентства регулювання ядерної та радіаційної безпеки України

У грудні 1991 р. підприємства атомної енергетики були об'єднані в концерн "Укратоменергопром", який у січні 1993 р. перетворено на Державний комітет України з використання атомної енергії - Держкомзем України.

Згідно з Указом Президента України від 15 грудня 1994 року на базі Державного комітету України з ядерної безпеки та радіологічної безпеки утворено Міністерство охорони навколишнього природного середовища та

ядерної безпеки, а Міністерство охорони навколишнього природного середовища України ліквідовано. Безпосередньо для проведення перевірок ядерної та радіаційної безпеки у складі Міністерства безпеки і охорони України створено Головну державну інспекцію з нагляду за ядерною безпекою. У 1999 році у складі Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України було створено окремий підрозділ – Державну адміністрацію ядерного регулювання України.

15 грудня 1999 року відповідно до Указу Президента України «Про зміни в структурі центральних органів виконавчої влади» Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України та Державна адміністрація ядерного регулювання були ліквідовані та створені нові. Створено виконавчий орган – Міністерство екології та природних ресурсів України. Згодом у складі цього міністерства почали функціонувати два департаменти – Департамент ядерного регулювання та Головна державна інспекція з нагляду за ядерною безпекою.

У грудні 2000 року Указом Президента України «Про державне регулювання у сфері ядерної безпеки та радіаційної безпеки» на базі Головдержнагляду утворено Державний комітет ядерного регулювання України як центральний орган виконавчої влади зі спеціальним статусом. Регулювання безпеки та Департамент ядерного регулювання Міністерства екології та природних ресурсів.

Указом Президента від 6 квітня 2011 року "Про Положення про Державну інспекцію ядерного нагляду" Держатомнагляд перейменовано на Державну інспекцію ядерного нагляду (НАЯР).

Основними завданнями Національного агентства з регулювання атомної енергії є:

- 1) забезпечення розроблення та реалізації державної політики у сфері ядерної безпеки;

2) виконання державного регулювання безпечного використання ядерної енергії;

3) здійснення повноважень органу, до компетенції якого відноситься фізичний захист ядерних матеріалів і ядерних установок відповідно до Конвенції про фізичний захист ядерних матеріалів і ядерних установок; у питаннях безпечного транспортування радіоактивних речовин відповідно до принципів ядерної та радіаційної безпеки при транспортуванні радіоактивних речовин; про повідомлення та інформування в надзвичайних ситуаціях відповідно до Конвенції про оперативне повідомлення про ядерні аварії.



Рисунок 1.3 – Карта розташування АЕС в Україні

Таблиця 1.1 – Українські АЕС та планові строки їх експлуатації

Блок №	Тип реакторної установки	Встановлена електрична потужність (МВт)	Дата енергопуску	Дата завершення проектного строку експлуатації
Запорізька АЕС				
1	ВВЕР 1000/320	1000	10.12.1984	23.12.2015 (продовжений до 23.12.2025)
2	ВВЕР 1000/320	1000	22.07.1985	19.02.2016 (продовжений до 19.02.2026)
3	ВВЕР 1000/320	1000	10.12.1986	05.03.2017 (продовжений до 05.03.2027)
4	ВВЕР 1000/320	1000	18.12.1987	04.04.2018 (продовжений до 04.04.2037)
5	ВВЕР 1000/320	1000	14.08.1989	27.05.2020 (у процесі продовження)
6	ВВЕР 1000/320	1000	19.10.1995	21.10.2026
Рівненська АЕС				
1	ВВЕР 440/213	420	22.12.1980	22.12.2010 (продовжений до 22.12.2030)
2	ВВЕР440/213	415	22.12.1981	22.12.2011 (продовжений до 22.12.2031)
3	ВВЕР1000/320	1000	21.12.1986	11.12.2017 (продовжений до 11.12.2037)
4	ВВЕР1000/320	1000	10.10.2004	07.06.2035
Южно-Українська АЕС				
1	ВВЕР 1000/302	1000	31.12.1982	02.12.2013 (продовжений до 02.12.2023)
2	ВВЕР 1000/338	1000	06.01.1985	12.05.2015 (продовжений до 31.12.2025)
3	ВВЕР 1000/320	1000	20.09.1989	10.02.2020 (продовжений до 10.02.2030)
Хмельницька АЕС				
1	ВВЕР 1000/320	1000	22.12.1987	13.12.2018 (продовжений до 13.12.2028)
2	ВВЕР 1000/320	1000	08.08.2004	07.09.2035

Атомна енергетика вже давно забезпечує значну частину загального виробництва електроенергії в Україні (до 60%). На сьогоднішній день проведено поглиблений аналіз безпеки експлуатованих електростанцій на всіх електростанціях України. Результати аналізу підтверджують:

- З агрегатами поводитись безпечно та з прийнятним ризиком. Зазначені в проекті, науково-технічній документації та міжнародній практиці вимоги щодо забезпечення безпеки реакторних установок виконуються в достатній мірі;
- Виявлені недоліки в безпеці та відхилення від вимог нормативних документів дозволяють працювати електростанціям у проектних межах і не вимагають зупинки електростанції для їх усунення.

1.4 Актуальні проблеми атомної енергетики в Україні

Атомна генерація залишається основою електроенергетики України, успішно справляючись із покладеними на неї завданнями щодо надійного та безпечного виробництва електроенергії. Понад те, вітчизняна атомна енергетика продовжує розвиватися, вирішуючи найскладніші технічні завдання.

1.4.1 Продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС

Заходи щодо продовження термінів експлуатації енергоблоків АЕС є першочерговим завданням для атомної енергетики України, і про це прямо заявлено у головному енергетичному документі країни «Енергетичною стратегією України до 2035 року». Це не новаторство України - міжнародний досвід подібної діяльності для енергоблоків, що діють, наочно демонструє реалістичність продовження їх експлуатації до 60 років (тобто на 30 років, у США термін експлуатації кількох енергоблоків АЕС вже продовжено до 80 років).

Аналогічний підхід застосовується і щодо енергоблоків з реакторами типу ВВЕР, які, крім України, експлуатуються у Фінляндії, Угорщині, Чехії, Словаччині.

Для забезпечення продовження експлуатації, для кожного енергоблоку АЕС реалізується програма досліджень, перевірок та заходів, що забезпечують необхідний рівень безпеки та надійності в умовах довгострокової експлуатації. Вимоги до організації подібних робіт визначені національними нормативними документами та відповідають міжнародним рекомендаціям та стандартам (у тому числі стандартам МАГАТЕ з безпеки АЕС).



Рисунок 1.4 – Діючі енергоблоки атомної електростанції в Україні (ілюстративне фото)

В Україні продовження експлуатації енергоблоків відбувається за формулою 10+10. Ліцензію на надпроектну експлуатацію терміном на 10 років вже отримали 5 енергоблоків типу ВВЕР-1000 (ЗАЕС-1, 2, 3; ЮУАЕС-1, 2). Ухвалення рішення про продовження експлуатації діючих енергоблоків з реакторами ВВЕР-1000 на 10 років пов'язане не з недостатньою надійністю

експлуатації за межами десятирічного періоду, а з тим, що переоцінка безпеки енергоблоків має проводитися кожні 10 років. Саме тому Держатомрегулювання України ухвалило рішення видавати ліцензію на надпроектну експлуатацію енергоблоків типу ВВЕР-1000 не одразу на 20 років, а окремо ліцензувати два десятирічні періоди.

Слід окремо наголосити, що заходи щодо підвищення безпеки мають виконуватися поетапно відповідно до чинних правил. І в даний час для того, щоб поставити питання про відпал корпусів реакторів ВВЕР-1000 в якості обов'язкової умови для їх надпроектної експлуатації немає жодних підстав. При формуванні документів, що обґрунтовують продовження експлуатації, виконується повномасштабний аналіз безпеки, який підтверджує відповідність рівня безпеки кожного енергоблоку чинним нормативним положенням. Відповідно, можна констатувати, що діяльність із продовження експлуатації енергоблоків АЕС України реалізується у правильному напрямку.

1.4.2 Безпеки дійсних енергоблоків українських АЕС у відповідності до вимогам МАГАТЕ

У деяких сучасних інформаційних ресурсах останнім часом все активніше просувається теза про те, що Україна експлуатує «старі» енергоблоки і що їхня безпека та надійність перебуває на недостатньому рівні. Це абсолютно не відповідає реальному стану справ.

Забезпечення безпеки та надійності енергоблоків, введених в експлуатацію 20-30 років і більше, є спільним завданням для всієї атомної енергетики світу. В ядерній енергетиці існує базове правило: «щодня необхідно зробити крок для підвищення безпеки, щоб не відставати від нових знань, які дає наука та досвід експлуатації». Саме тому в усьому світі реалізуються заходи щодо підвищення безпеки енергоблоків, що діють.

У 2008-2009 роках на всіх енергоблоках українських АЕС у рамках спільного проекту України, Європейської Комісії та МАГАТЕ було проведено унікальну за масштабами виконаних робіт комплексну оцінку безпеки. П'ятнадцять місій, до яких увійшли експерти МАГАТЕ та Єврокомісії, ретельно перевірили українські АЕС та встановили їхню відповідність вимогам МАГАТЕ з ядерної безпеки.

У нашій країні затверджено та реалізується комплексна програма підвищення безпеки атомних енергоблоків (КСПБ), яка свого часу була доповнена так званими постфукусімськими заходами (аналіз причин аварії на японській АЕС «Фукусіма», хоча причини цієї аварії дуже далекі від природних умов України). Комплексна програма підвищення безпеки в Україні виконується в повному обсязі та є обов'язковою під час прийняття рішень щодо продовження експлуатації. Енергоблоки, для яких продовжується термін експлуатації, суттєво модернізуються, а їх показники безпеки знаходяться на рівні, що відповідає чинним національним нормативним документам, а також рекомендаціям МАГАТЕ та інших міжнародних організацій.

Все вищевикладене тісно пов'язане з планами щодо добудови енергоблоків № 3, 4 на майданчику ХАЕС із застосуванням реакторної установки ВВЕР-1000 виробництва компанії Skoda (Чехія). Вже завершено розробку техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) добудови цих енергоблоків із застосуванням такої технології, проведено експертизу та отримано його схвалення. Для даних енергоблоків повністю враховано застосування всього комплексу заходів, що реалізуються для діючих блоків українських АЕС, а також передбачається реалізація подальших заходів для підвищення безпеки (включаючи удосконалення технічних рішень по корпусу реактора та створення системи охолодження корпусу зовні для запобігання його пошкодженню при тяжких аваріях). І саме тому твердження автора матеріалу, що розглядається, про те, що:

1.4.3 Конвенція ЕСПО

Ще однією актуальною темою атомної енергетики в Україні є положення Конвенції ЕСПО.

Конвенція ЕСПО – Конвенція про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті, міжнародну угоду, ініційовану Європейською економічною комісією ООН, підписану в Еспоо (Фінляндія) у 1991 р. та набула чинності у 1997 р. Згідно з конвенцією, процедура оцінки впливу на оточення (що включає публічні обговорення) потенційно небезпечних проектів має проводитися не тільки всередині держави, а й у суміжних країнах, які можуть бути порушені впливом цих об'єктів, а процедура оцінки повинна проводитись на ранніх стадіях планування.

Підсумовуючи подану інформацію - вони справді неоднозначно трактують необхідну діяльність стосовно процесу продовження експлуатації енергоблоків АЕС, що діють. У зв'язку з цим зараз Україна проводить відповідні консультації для досягнення взаємного розуміння та визначення відповідних дій (у разі потреби). З боку України ця діяльність проводитиметься на рівні Міністерства охорони навколишнього природного середовища України.

У деяких матеріалах дається посилання на нібито європейських експертів, які пропонують «закрити» діючі енергоблоки України. Однак позиція в цьому питанні українських фахівців з багаторічним досвідом роботи в енергетичній галузі проста і зрозуміла: «Думки будь-яких приватних осіб не повинні братися до розгляду взагалі, оскільки абсолютно невідомо, що рухає такими людьми, і які цілі вони переслідують».

Подібні настрої нерідкі в різних країнах у різних осіб/груп стосовно атомної енергетики. Однак досі не існує авторитетних зарубіжних досліджень, які б говорили про наявність негативних факторів продовження експлуатації діючих АЕС у світі та АЕС України зокрема. Крім того, хочу ще раз наголосити

на тому, що прийнятний рівень безпеки діючих вітчизняних енергоблоків підтверджено численними місіями міжнародних організацій, включаючи МАГАТЕ.

1.4.4 Будівництво заміщуючих потужностей в атомній енергетиці

Необхідність будівництва потужностей (заміна діючих енергоблоків після завершення продовженого терміну експлуатації) вже найближчим часом постане перед атомною енергетикою дуже гостро. І в цій ситуації головне не прогаяти час.

Вже найближчим часом при розробці «Програми реалізації положень енергетичної галузі України до 2035 року» буде розглянуто, зокрема, питання вибору типів нових заміщуючих енергоблоків, та розвиток необхідної інфраструктури (будівельно-монтажний комплекс, проектне та наукове забезпечення та ін.). Очікується прийняття рішень з питань ліцензування нових реакторних технологій, а також рішень щодо кадастру можливих майданчиків для нових АЕС та багато іншого.

Дійсно, Україна потребує будівництва атомних енергоблоків типу ЄС-6 за канадською технологією CANDU. Однак вибір типів майбутніх енергоблоків не визначається точкою зору одного навіть найдосвідченішого фахівця.

Насправді аналіз, виконаний кілька років тому, показав, що дана технологія може, як і багато інших, розглядатися як один з варіантів розвитку атомної генерації України. Саме як один з варіантів, і не більше того! На жаль, в Україні поки що не проводилося об'єктивне дослідження щодо застосування різних ядерних технологій за всіма критеріями та факторами та порівняння їх техніко-економічних показників відповідно до умов України. Саме тому на даний момент не існує обґрунтованого рішення щодо будівництва того чи іншого типу

реакторів. Тільки детальний інженерно-економічний аналіз може вплинути на ухвалення рішення та допомогти зробити об'єктивний висновок.

1.4.5 ЦСВЯП як рішення проблеми ядерних відходів

Техніко-економічним обґрунтуванням для будівництва Централізованого сховища для відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП для ВЯП з РАЕС, ХАЕС, ЮУАЕС) було визначено та доведено перевагу будівництва саме Централізованого сховища для АЕС України, а не будівництво пристанційних систем зберігання на кожній АЕС. Без жодних підстав він ставить під сумнів доцільність цього вкрай важливого для країни проекту. ТEO з ЦСВЯП пройшло експертизу, розгляд, погодження та затвердження відповідно до чинних процедур, включаючи громадські слухання. Було прийнято окремий Закон України про будівництво даного об'єкта. Відповідно, було виконано всі вимоги українського законодавства.



Рисунок 1.5 – Будівничий майданчик для централізованого сховища для відпрацьованого ядерного палива на основі західного досвіду (ілюстративне фото)

Нині вже розпочато роботи з реалізації цього проекту. Сам же вибір технології зберігання ґрунтується на аналізі всіх можливих варіантів «сухого» зберігання ВЯП з урахуванням наявного досвіду та застосовності до умов України. Прийнята технологія Holtec має тривалий позитивний досвід застосування в різних країнах світу. На жаль, проект ЦСВЯП дуже довго гальмувався, але сьогодні позитивна динаміка очевидна. Тоді як будь-які спроби перегляду вже ухваленого рішення (у тому числі і на користь пристанційних сховищ ВЯП) лише затягнуть час реалізації проекту і збережуть залежність України від РФ у питанні поводження з ядерним паливом, що відпрацювало.

Резюмуючи надану інформацію можна зазначити, що на сьогодні в Україні у ядерній галузі є багато напрямів для підвищення ефективності виробництва, зниження потенційного впливу на довкілля, покращення взаємозв'язку з населенням, удосконалення системи контролю та аварійного реагування. Безумовно, потрібен діалог між різними сторонами, зацікавленими у розвитку атомної галузі України. Конструктивний діалог завжди корисний для вирішення нагальних та перспективних завдань. І саме тому під час подібних діалогів необхідно керуватися об'єктивними даними та оцінками, а не «нагнітати ситуацію» суб'єктними та необґрунтованими оцінками. Обговорення ж відверто волюнтаристських проектів і планів лише забирає час, такий необхідний для реалізації справді важливих для галузі проектів.

1.5 Стан роботи атомних електростанцій на період повномасштабного вторгнення на територію України

13 грудня запустили ще один енергоблок однієї з атомних електростанцій: наразі працюють дев'ять із дев'яти енергоблоків, які розташовані на підконтрольній території.

Станом на 13.12.2022 року на запусненому енергоблоці, потужність якого

становить 1000 МВт, ще відбувався набір потужності. Однак його запустили для роботи на повній потужності: так працюють решта 8 енергоблоків.

Дев'ятий енергоблок вдалося запустити після завершення ремонту пошкоджень енергосистеми, які були отримані в результаті обстрілів України 23 листопада 2022 року.

Нині на підконтрольній території працюють три атомні електростанції. Так, на Хмельницькій АЕС є два енергоблоки потужністю по 1000 МВт, на Южноукраїнській - три такі блоки. А от на Рівненській АЕС є два енергоблоки по 1000 МВт, а також ще два менш потужні - по 420 та 415 МВт.

Ще шість енергоблоків окупованої Запорізької АЕС, теж по 1000 МВт, наразі зупинено. «Енергоатом» каже, що поновлення їхньої роботи блокують росіяни. ЗАЕС продовжує постійно споживати близько 100 МВт на власні потреби енергосистеми України.

При масованому обстрілі України були вимкнені Рівненська, Южноукраїнська та Хмельницька атомні електростанції. За словами міністра енергетики Германа Галущенка, це вперше одночасно було відключено усі чотири станції (включаючи тимчасово захоплену Запорізьку АЕС, яка зараз працює від дизель-генераторів). Усі АЕС, крім Запорізької, вже наступного дня забезпечили електроенергією, яка необхідна для задоволення власних потреб станції.

1.6 Висновки за розділом

В розділі проведено оцінку сучасного стану атомної енергетики України. Атомна енергетика та атомна промисловість країни роблять вагомий внесок в економічну та енергетичну безпеку та екологічну стійкість України.

За останні п'ять років частка виробництва атомної енергії в Україні перевищила 50%, а подекуди сягнула 65%. За часткою атомної енергетики в

загальному виробництві електроенергії Україна посідає друге місце у світі (після Франції).

За роки незалежності створено ефективну інфраструктуру та організаційно-правові основи функціонування атомних електростанцій. Забезпечується належний фізичний захист АЕС. Розроблено систему науково-технічного та навчального забезпечення. Постійно проводяться технічні, організаційні та наукові заходи щодо підвищення безпеки АЕС. Проводиться робота щодо забезпечення довгострокової експлуатації енергоблоків АЕС з метою продовження їх експлуатації понад плановий термін експлуатації на 20 років. На сьогодні в Україні вже продовжено 10 із 15 діючих енергоблоків.

Найпоширенішою проблемою існуючих атомних електростанцій довгий час була проблема продовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС. Міжнародний досвід подібної діяльності для енергоблоків, що діють, наочно демонструє реалістичність продовження їх експлуатації до 60 років (іноді до 80 років). Загалом, за оцінками поточного стану ситуації можна констатувати, що діяльність із продовження експлуатації енергоблоків АЕС України реалізується у правильному напрямку, відповідно до міжнародних норм.

Вже найближчим часом при розробці «Програми реалізації положень енергетичної галузі України до 2035 року» буде розглянуто, зокрема, питання вибору типів нових заміщуючих енергоблоків, та розвиток необхідної інфраструктури (будівельно-монтажний комплекс, проектне та наукове забезпечення та ін.). Очікується прийняття рішень з питань ліцензування нових реакторних технологій, а також рішень щодо кадастру можливих майданчиків для нових АЕС та багато іншого.

Розглянуто будівництво Централізованого сховища для відпрацьованого ядерного палива в Україні. При будівництві даного проєкту використовується технологія Holtec, що має тривалий позитивний досвід застосування в різних

країнах світу. Реалізація такого проєкту нарешті нівелює залежність України від РФ у питанні поводження з ядерним паливом, що відпрацювало.

Також в розділі розглянуто стан роботи атомних електростанцій на період повномасштабного вторгнення на територію України. Через постійні обстріли, так званий зимовий блекаут, пошкодження елементів енергосистеми, окупацію ЗАЕС та інші військові злочини робота атомної енергетики України знаходиться у важкій ситуації, але наші енергетики продовжують свою надскладну і небезпечну роботу, належним чином забезпечуючи нас електроенергією.

2 РАДІАЦІЙНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

2.1 Оцінка радіоційного впливу атомних електростанцій на довкілля

У свідомості радіація сприймається якимось негативним чинником, супутнім атомної галузі. Великий внесок у формування подібного уявлення, безумовно, внесла аварія в США у 1979 р., на Чорнобильській АЕС у 1986 р., а потім і аварія на Фукусімі (Японія) у 2011 р.

Питанням оцінки техногенного впливу на довкілля та здоров'я людини приділяється особлива увага з 80-х років минулого століття. Одним з інструментів, що дозволяє здійснювати такий аналіз, є методологія оцінки ризику, застосування якої дозволяє отримувати кількісні характеристики можливої шкоди здоров'ю, порівнювати наслідки впливу різних за своєю природою факторів (наприклад, радіаційних та хімічних), визначати пріоритетні джерела та фактори ризику, розробляти заходи їх найефективнішому зниженню. Методологія аналізу ризику успішно використовується в економічно розвинених країнах світу при прийнятті управлінських рішень у галузі охорони здоров'я людини та довкілля.

Дослідженням радіаційних ризиків займаються у всьому світі. Серед міжнародних організацій необхідно відзначити Науковий комітет ООН з дії атомної радіації (НКДАР ООН), Міжнародну комісію з радіологічного захисту (МКРЗ), Національну раду з радіаційного захисту та вимірів США, Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ).

Аналіз ймовірностей події ризику при використанні атомної енергії та порівняльна оцінка впливу енергогенеруючих систем на навколишнє середовище та здоров'я людини свідчать про те, що внесок об'єктів ядерної енергетики при нормальній експлуатації дуже малий у порівнянні з ризиками від інших радіологічних факторів, таких як діагностичні та терапевтичні радіологічні

процедури. Проте питання здоров'я населення залишається актуальним, незважаючи на те, що професійна патологія в містах, пов'язаних з атомною галуззю, нижча, ніж по Україні в цілому, при тому, що рівень діагностики в цих містах значно вищий.

У 10 закритих адміністративно-територіальних утвореннях (ЗАТО) атомної галузі на медичному обслуговуванні перебуває понад 747 000 осіб. Медичне обслуговування здійснює понад 40 000 осіб медперсоналу.

У місцях розташування об'єктів атомної енергетики та промисловості розташовуються й інші об'єкти, які негативно впливають на довкілля.

В даний час найбільш ефективним науковим підходом до оцінки наслідків техногенного впливу та управління екологічною безпекою визнається підхід, що ґрунтується на аналізі ризиків для здоров'я населення.

Методологія аналізу ризику з 80-х років минулого століття успішно використовується в США та країнах Західної Європи при прийнятті управлінських рішень у галузі охорони здоров'я людини та навколишнього середовища. Застосування цієї методології дозволяє отримувати кількісні характеристики можливої шкоди здоров'ю, порівнювати наслідки впливу різних за своєю природою факторів (наприклад, радіаційних та хімічних), визначати пріоритетні джерела та фактори ризику, розробляти заходи щодо їх найбільш ефективного зниження. Ця методологія використана для розробки сучасних міжнародних норм радіаційної безпеки, сформульованих МКРЗ. Вона покладена основою національних систем забезпечення радіаційної безпеки провідних ядерних держав. За минулі роки проведено велику роботу з адаптації та апробації цієї методології на території країни,

Ми живемо в природному радіоактивному середовищі і є частиною цього середовища. Природні радіонукліди уранторієвого ряду присутні в кістках, м'язи містять радіоактивний вуглець і калій, а в легені надходять радіоактивні

речовини, присутні в повітрі. Ми зазнаємо впливу випромінювання, що надходить з космосу і надр землі (рис. 2.1).

Дози опромінення населення рахунок роботи підприємств атомної промисловості нижче 0,01 мЗв/год [8] при допустимій дозі 1 мЗв/год [9]. Індивідуальні дози опромінення від техногенних джерел радіації можуть відрізнятися. Наприклад, екіпажі повітряних суден, які значну частину свого трудового життя проводять на висотах, де рівень космічного випромінювання у 20 разів вищий, ніж на Землі, протягом року одержують дозу опромінення в декілька мЗв. Ця доза можна порівняти із середнім значенням індивідуальної дози опромінення персоналу АЕС на рік. Космонавти протягом року польоту отримують дозу приблизно 200 мЗв.

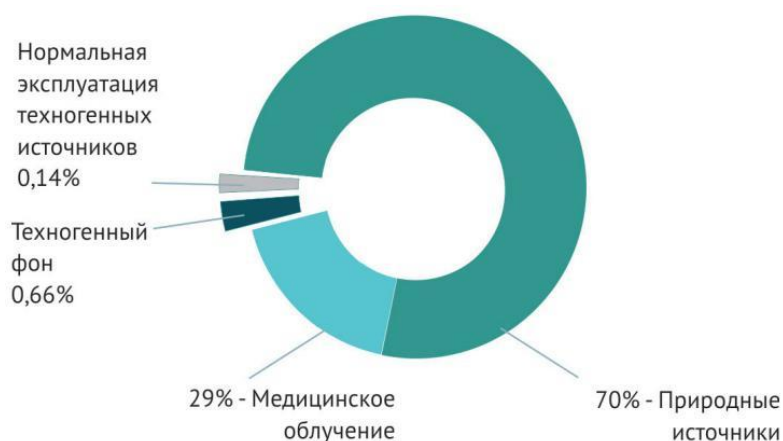


Рисунок 2.1 - Дози опромінення населення України від різних джерел

Середня доза зовнішнього опромінення людей від радіонуклідів земного походження становить приблизно 350 мкЗв/год. Для українців ця величина змінюється від 100 до 500 мкЗв/рік.

Водночас є й такі території, де рівні радіації набагато вищі. Наприклад, у Бразилії в невеликому курортному містечку Гуарапарі з населенням 12000 чоловік середньорічна доза для населення становить понад 5,5 мЗв, а на деяких пляжах досягає 175 мЗв, що приблизно в 500 разів більше за середній рівень. Високий рівень радіації пояснюється дуже просто – містечко стоїть на пісках,

багатих на торій. На планеті існує чимало подібних територій з рівнями природного радіаційного фону значно вищим за середній (рис. 2.2). Більше того, спільні дослідження вчених Індії та Японії населення, що проживає на території з високим радіаційним тлом у штаті Керала (Індія), показали, що в діапазоні доз від 1,5 до 14,4 мЗв/рік коефіцієнт надлишкового відносного радіаційного ризику захворюваності на рак $ERR / Gr = 0,13$ [10], що значно менше,

Перш ніж потрапити до організму людини радіоактивні речовини проходять складний шлях у навколишньому середовищі. Частина їх залишається у ґрунті, частина перетворюється на рослини, та був у тварин, частина розчиняється у питній воді. Та кількість радіоактивних речовин, яка надходить в організм людини з водою та їжею, створює дозу опромінення в середньому 300 мкЗв/рік. Залежно від дієти людини та місцевих умов доза може трохи відрізнятися, але для більшості людей вона лежить у діапазоні від 200 до 400 мкЗв/рік. Ця доза природної радіоактивності є безпечною для розвитку людини і поколінь людей.

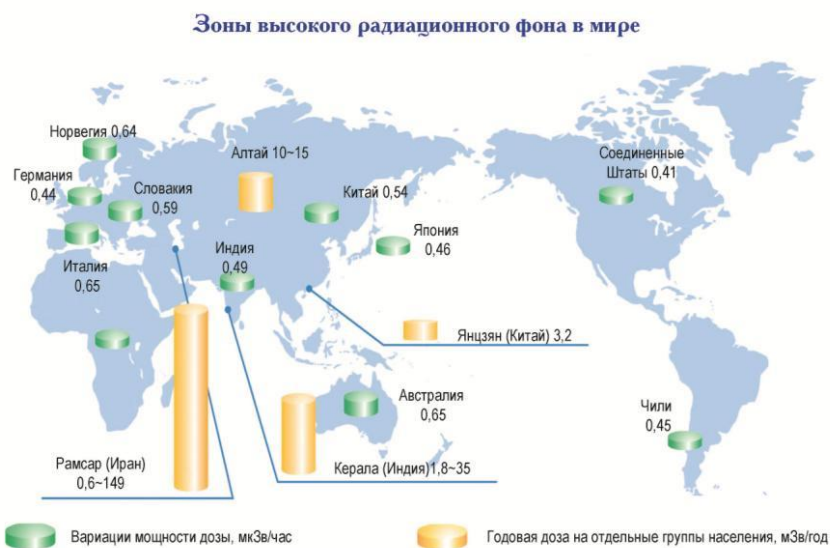


Рисунок 2.2 -Територія з високим значенням природного радіаційного фону на карті світу.

Найбільш значним із усіх природних джерел радіації є радіоактивний газ радон. Разом із дочірніми продуктами радіоактивного розпаду радон дає приблизно половину дози від природних джерел радіації. Більшу частину цієї дози людина отримує від радіонуклідів, що потрапляють в організм разом з повітрям, що вдихається, особливо в непровітрюваних приміщеннях. Відомі випадки, коли використання при будівництві матеріалів з гірських порід або промислових відходів виробництв, що мають досить високу природну радіоактивність, призводила до різкого (до 5000 разів і більше) збільшення концентрацій радону в будівлях.

Опромінення від медичних джерел робить основний внесок у дозу, яку отримує людина від техногенних джерел випромінювання, і це не випадково.

Рентгенологічні обстеження, застосування радіоактивних препаратів для діагностики та лікування різних захворювань давно вже стали масовими. Звичайне рентгенівське дослідження грудної клітки створює дозу приблизно 0,8 мЗв. Більш складна процедура, така як рентгенівське обстеження стравоходу і шлунка із застосуванням барію, може дати дозу в 10 разів більше. Ще більші дози пацієнт отримує під час обстеження нирок. Крім того, індивідуальна ефективна доза при медичному опроміненні має тенденцію до збільшення з кожним роком у міру розвитку технологій у галузі радіологічної діагностики. Так, у США середньорічна доза зросла з 3,6 мЗв у 1980 р. до 6,2 мЗв у 2006 р. (рис. 2.3).

Застосування радіації в медицині в певних випадках може бути пов'язане з ризиком для здоров'я людини, але, як і у випадку безпеки об'єктів використання атомної енергії, поняття ризику має особливе значення, оскільки є мірою небезпеки.

В галузі радіаційного захисту методологія оцінки ризику розробляється з 70-х років минулого століття.

У вітчизняних нормах радіаційної безпеки межі доз опромінення в умовах нормальної експлуатації джерел іонізуючого випромінювання визначені,

виходячи із значень індивідуального ризику довічного. Встановлений рівень населення становить $5,0 \times 10^{-5}$, для персоналу – $1,0 \times 10^{-3}$. Дані величини ризику та відповідні дози визначені, виходячи з лінійної безпорогової концепції (ЛБК), відповідно до якої ризику канцерогенезу є безпороговими, та ризик виникнення ефектів пропорційний дозі опромінення.

Зазначимо, що за малих доз епідеміологічна інформація, що підтверджує лінійну безпорогову концепцію ризику онкологічних і успадкованих захворювань, відсутня. У зв'язку з цим у публікації 103 МКРЗ підкреслюється обмеженість області застосування оцінок ризику розвитку стохастичних ефектів при дії малої дози радіації на великі групи людей - можливість її використання для регулювання впливу та непридатність для оцінки медичних наслідків опромінення. Слід зазначити, що техногенне опромінення населення, і навіть допустимі скиди і викиди сучасних атомних станцій нормуються на величину, відповідну рівню ризику ще нижче.

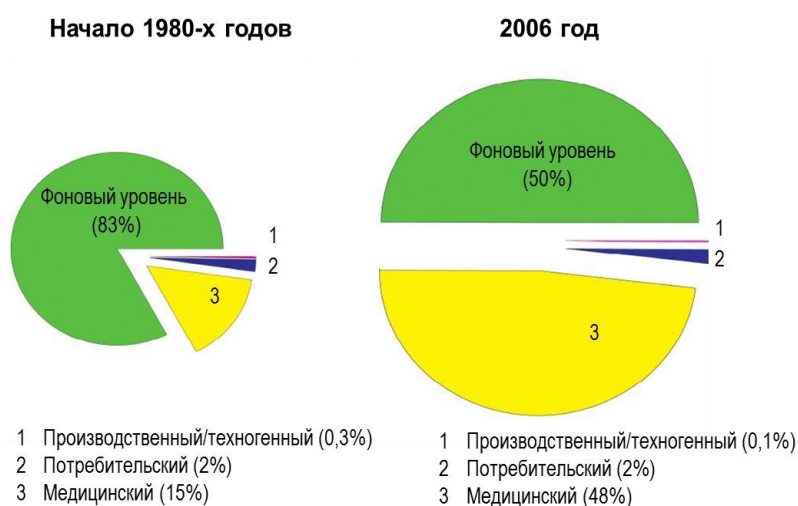


Рисунок 2.3 - Внесок медичного опромінення у структуру дозових навантажень населення США

Гігієнічне нормування хімічного впливу на відміну нормування радіаційного впливу виходить з порогової методології, коли він вважається, що

концентрації нижче встановлених гранично допустимих концентрацій не створюють додаткових ризиків.

Однак для речовин, що мають канцерогенні властивості, оцінки ризику проводяться також на основі методології ЛБК.

У частині практичного регулювання хімічного впливу в Україні встановлено граничні допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин, виходячи з лімітуючого показника шкідливості, що характеризує характер впливу речовини на людину (рефлекторну, резорбтивну, рефлекторно-резорбтивну). ГДК встановлюються і для речовин, що мають канцерогенні властивості. Одночасно з цим з кінця 90-х років минулого століття у вітчизняну систему нормування починає проникати методологія аналізу ризиків для здоров'я людини, пов'язаних із станом довкілля. У Посібнику з оцінки ризику для здоров'я населення при впливі хімічних речовин, що забруднюють довкілля, для кількох сотень хімічних речовин визначено фактори канцерогенного потенціалу для перорального та інгаляційного надходження шкідливих речовин в організм людини, за своєю природою подібною до коефіцієнта номінального ризику, визначеного щодо радіаційного впливу. З'явилася основа для порівняльного наукового аналізу шкідливого впливу факторів різної природи на здоров'я людини, без якої неможливо було переходити до аналізу можливих збитків, вигод, ранжування існуючих проблем щодо їхньої значущості. Ілюстрацією того, що нормативний підхід, що існував, не давав можливості оцінювати соціальні та медико-біологічні наслідки впливу факторів, що викликають забруднення навколишнього середовища,

Відмінності величин канцерогенних ризиків від впливу низки речовин, які у атмосферному повітрі лише на рівні ГДК, показує діапазон 5-6 порядків. Порівняння величин ризиків, обумовлених впливом іонізуючого випромінювання та деяких хімічних канцерогенів на рівні прийнятих нормативів,

показує, що нормований радіаційний ризик займає проміжне положення між ризиками канцерогенезу хімічного.

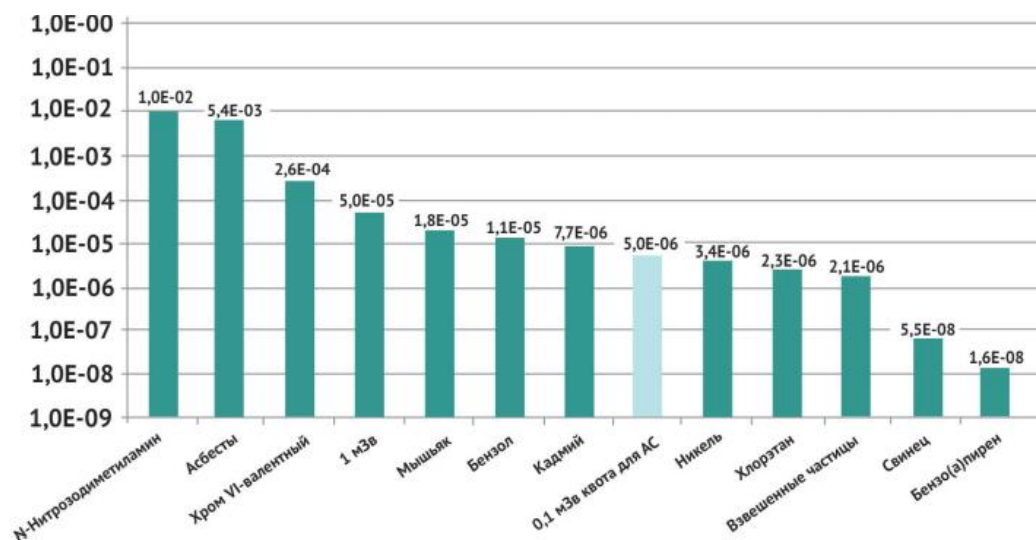


Рисунок 2.4 - Канцерогенні ризики для концентрацій у повітрі, відповідних рівням встановлених їм ГДК

Очевидно, що діючі гігієнічні норми зумовлені, в тому числі, й економічними умовами в країні, рівнем розвитку технологій та можливостями промисловості забезпечувати певний рівень безпеки.

Ступінь розвитку сучасних ядерних технологій дає можливість жорсткого нормування радіаційного фактора, забезпечуючи при нормальній експлуатації підприємств атомної галузі рівні ризику для населення значно нижчі від межі допустимого ризику, що формується за рахунок опромінення граничною річною дозою.

Виходячи з аналізу гігієнічних нормативів, можна відзначити той факт, що сьогодні хімічний вплив у ряді випадків нормований менш жорстко, ніж радіаційний.

Що ж до хімічного на здоров'я населення, то картина зворотна, і найчастіше, діючі нормативи (ГДК) і запропоновані до використання ризики значно більші і перевищуються.

Як було показано вище, порівняння даних моніторингу ГДК та похідні від них показники, наприклад індекс забруднення атмосфери (ІЗА), далеко не завжди адекватно відображають ступінь шкоди здоров'ю населення, і виникає необхідність використання більш чутливих індикаторів. До таких у промислово розвинених країнах відносять оцінки довічних ризиків, розраховані за багаторічними даними утримання шкідливих речовин у об'єктах природи (повітря, вода, ґрунт, продукти харчування). Такі оцінки дозволяють насамперед ранжувати різні джерела за рівнем їх впливу і дають органам управління інструмент контролю та поліпшення якості довкілля.

Перехід до регулювання техногенного впливу на основі ризиків для здоров'я населення визначено Основами державної політики у сфері екологічного розвитку України на період до 2030 року. Як механізм реалізації державної політики у галузі екологічного розвитку визначено впровадження у систему управління якістю довкілля методології визначення та оцінки екологічних ризиків з метою підвищення обґрунтованості прийняття управлінських рішень. Для прийняття рішень у галузі охорони навколишнього середовища велике значення має питання рівня прийнятного ризику. Існують чотири рівні індивідуального ризику протягом життя (табл. 2.1).

Величина цільового ризику, що рекомендується, для умов населених місць в Україні становить 10^{-5} – 10^{-6} .

Таблиця 2.1 – Рівні індивідуального ризику протягом життя людини

Уровень риска	Величина	Необходимые действия
Пренебрежимо малый риск	равный 10^{-6} и менее	Мероприятия по снижению риска не требуются
Приемлемый риск	10^{-6} – 10^{-4}	Требуется постоянный контроль, в некоторых случаях могут проводиться дополнительные мероприятия по снижению риска
Приемлемый для профессиональных групп и неприемлем для населения	10^{-4} – 10^{-3}	Требуется проведение плановых мероприятий по снижению риска
Неприемлемый ни для населения, ни для профессиональных групп	равный 10^{-3} и более	Требуется проведение экстренных мероприятий по снижению риска

Можливість отримання тих чи інших оцінок багато в чому визначається доступністю вихідних даних моніторингу забруднюючих речовин у природних середовищах, а також якістю наявної інформації з погляду повноти переліку контрольованих речовин, точності вимірювань, кількості вимірювань тощо.

2.2 Особливості захворювальності працюючих на підприємстві атомної енергетики

Здоров'я працівників визначає безпеку та добробут держави, і охорона здоров'я працездатного населення відноситься до однієї з найбільш значущих його проблем. Пріоритетний національний проект "Здоров'я" спрямований на збереження здоров'я громадян та трудового потенціалу населення. Водночас на сьогоднішній день рівень патології, що вперше виявляється, вкрай низький, що свідчить про необхідність більш повного охоплення та підвищення якості медичних оглядів, у тому числі на підприємствах атомної енергетики України.

У період штатної експлуатації атомних електростанцій (АЕС) безпека населення та персоналу гарантується політикою держави у галузі охорони здоров'я громадян та навколишнього середовища.

При цьому слід враховувати, що в умовах йодного дефіциту рівні накопичення радіоактивного йоду в щитовидній залозі зростають, тому особливу важливість набувають проблеми здоров'я населення, яке проживає в безпосередній близькості від АЕС у йоддефіцитних регіонах.

Методика дослідження. Усього було обстежено 461 людину працездатного віку. З них сформовано дві групи, порівняні за віком (від 21 року до 60 років), статтю та тривалістю проживання в єдиних екологічних умовах (не менше 5 років). До 1-ї (основної) групи було включено 231 людина (70,9% чоловіків; $n = 163$, 29,1% жінок; $n = 67$). Їхній середній вік склав $42,0 \pm 10,3$ роки. Усі вони працівники атомної електростанції (далі АЕС) великого промислового

містоутворюючого підприємства.

З них у контакті з основною виробничою шкідливістю (джерелами іонізуючого випромінювання – ДІВ) працюють 90,9% ($n = 210$), у тому числі 77,6% чоловіків та 22,4% жінок; їхній середній вік становив $41,4 \pm 10,4$ року. У 2-у групу (порівняння) включили 230 осіб, зайнятих в інших сферах професійної діяльності поза контактом з основними виробничими шкідливостями АЕС. У цій групі було 67,8% ($n=156$) чоловіків та 32,2% ($n=74$) жінок; середній вік становив $41,9 \pm 10,5$ року.

Порівнювані групи розрізнялися за кратністю та обсягом періодичних медичних оглядів. У 1-й групі проводили щорічні періодичні медичні огляди всіх працюючих з основною виробничою шкідливістю, у 2-й медичні огляди здійснювалися 1 раз на 2 роки. Кратність та обсяг медичних оглядів працюючих регламентувалися відповідними нормативними документами, що діяли на момент проведення дослідження.

Учасники були заздалегідь поінформовані про цілі та характер дослідження та надали письмову добровільну згоду на його проведення.

За даними офіційної статистики, загальна захворюваність працюючих на АЕС, що досліджується, в 2 рази перевищує аналогічний показник іншого працездатного населення району (3452,3 проти 1768,0 на 1000 працюючих). Подібна тенденція (2832,3 проти 1154,1) простежується і щодо хронічної захворюваності ($p < 0,01$). Поширеність ендокринної патології за офіційними даними в основній групі також виявилася в 2,7 рази вищою, ніж у групі порівняння (229,6 та 84,3 на 1000 працюючих відповідно; $p < 0,01$). Зареєстрована первинна захворюваність (гостра та хронічна) в обох групах достовірно не відрізнялася (730,3 та 679,8 відповідно; $p > 0,05$). При цьому основну частку в структурі захворюваності склали гострі захворювання (84,9% у 1-й групі та 90,3% у 2-й).

Слід зазначити, що показники захворюваності на ЦМСЧ-141 перевищували

аналогічні показники щодо ФМБА: загальна захворюваність склала 2111,72 та 1559,82, а первинна – 615,2 та 590,86 на 1000 працездатного населення відповідно.

Аналіз амбулаторних карт показав, що в основній групі кількість незареєстрованих хронічних захворювань без обігу в обліковому році (талон амбулаторного пацієнта – ТАП не оформлювався) була достовірно нижчою, ніж у групі порівняння (16,1 та 1039,1 відповідно; $p < 0,01$).

Навпаки, у групі порівняння кількість хронічних захворювань, зафіксованих в амбулаторних картах (з оформленням та без оформлення ТАП), виявилася вдвічі більшою, ніж за даними офіційної статистики (2360,9 та 1154,1 на 1000 працюючих відповідно; $p < 0,01$). Отже, лише кожен другий працівник групи порівняння, що має хронічне захворювання, звертався до лікаря.

У той самий час у основній групі ці показники достовірно не відрізнялися (2865,2 і 2832,3 відповідно; $p > 0,05$), т. е. майже всі працівники аналізованої АЕС, мають статистично зареєстроване хронічне захворювання, було оглянуто лікарем.

Кількість випадків гострих захворювань, зареєстрованих в амбулаторних картах обстежуваних, в основній групі було в 1,4 рази більше, ніж у групі порівняння (434,8 та 300,0 відповідно; $p < 0,01$). При цьому у структурі гострих захворювань в обох групах травм та отруєнь виявилось менше порівняно з даними офіційної статистики.

Результати анкетування свідчили про те, що гострі захворювання, переважно респіраторно-вірусні інфекції, протягом року перенесли 44,8% працівників основної групи АЕС та 41,7% із групи порівняння, при цьому воліли не звертатися за медичною допомогою відповідно 2,9 та 11,7% респондентів ($p < 0,01$).

В результаті аналізу показник загальної захворюваності, отриманий із суми хронічної (за даними медичних карт амбулаторних хворих) та гострої (за даними

амбулаторних карт та анкетування з питань суб'єктивної оцінки перенесених гострих захворювань) захворюваності, було зазначено, що в основній групі він відповідав офіційним даним (3326,1 і 3452,3 відповідно; $p > 0,05$), а в групі порівняння достовірно перевищував їх (2873,9 та 1768,0 відповідно; $p < 0,01$).

Отримані дані дозволяють припустити, що працююче населення вважає за краще звертатися за медичною допомогою тільки у разі крайньої необхідності, а з "банальними" гострими захворюваннями або загостреннями хронічного захворювання вони справляються самостійно, без допомоги лікаря.

Достовірно вищий рівень звертання щодо гострих захворювань серед співробітників АЕС пояснюється наявністю цехової терапевтичної служби. Низькі показники реєстрації травм та отруєнь свідчать про високий рівень виробничої дисципліни та обов'язкове дотримання норм охорони праці.

Структура загальної захворюваності за результатами обстеження працівників АЕС відповідала даним офіційної статистики. Так, лідируюче місце зайняли хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини, далі в порядку зменшення: хвороби органів травлення, хвороби органів дихання, хвороби ока та його придаткового апарату, хвороби системи кровообігу. У групі порівняння першому місці виявилися хвороби органів дихання, далі йшли хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини, хвороби органів травлення, хвороби ендокринної системи, розлади харчування та порушення обміну речовин, хвороби системи кровообігу.

Отже, структурно загальна захворюваність у працюючих на АЕС, що аналізується, практично не відрізнялася.

Аналіз результатів проведеного комплексного дослідження свідчить у тому, що показник первинної хронічної захворюваності в працюючого населення досліджуваного району значно перевищив офіційні дані та трохи відрізнявся від такого для співробітників АЕС.

Так, вперше виявлених хронічних захворювань в основній групі та в групі

порівняння зареєстровано 182,6 та 147,8 на 1000 працюючих відповідно ($p > 0,05$). При порівнянні з даними офіційної статистики виявлено збіг цих показників у співробітників АЕС (2878,3 та 2832,3 на 1000 працюючих відповідно; $p > 0,05$), у той час як у працюючого населення району первинна хронічна захворюваність у 2 рази перевищила офіційні дані (147,8 та 69,6 на 1000 працюючих відповідно; $p < 0,01$). Отже, облік кількості захворювань у співробітників досліджуваної АЕС повніший, ніж у працівників інших підприємств та установ району.

Серед вперше виявлених хронічних захворювань переважали захворювання ендокринної системи (36,8%), їх частка захворювань, зареєстрованих вперше з оформленням ТАП, становила 25%. Так було в основній групі цей показник становив 13 на 1000 працюючих, а групі порівняння 17,4 на 1000 працюючих. У структурі вперше зареєстрованої ендокринної захворюваності в 1-й групі 70% випадків припало на цукровий діабет і 30% на вузловий зоб, у 2-й групі в 50% випадків був зареєстрований цукровий діабет, на багатовузловий токсичний зоб і підгострий тиреоїдит довелося по 2 %.

Більшість (75%) первинних випадків ендокринної патології були діагностовані при обстеженні: у 1-й групі 14,3%, а у 2-й – 85,7% (13 та 78,3 на 1000 працюючих; $p < 0,01$).

У структурі вперше виявлених зареєстрованих захворювань ендокринної системи в основній групі зустрічалися випадки тільки вузлового еутиреоїдного зобу, а в групі порівняння: вузловий та багатовузловий еутиреоїдний зоб (55,6%), аутоімунний тиреоїдит (22,2%), ендемічний зоб (%) та ожиріння (5,5%).

У структурі раніше відомої зареєстрованої ендокринної патології в обох групах переважали ожиріння (51,7% у 1-й групі та 46,9% у 2-й), захворювання щитовидної залози (35,6 та 26,5% відповідно), цукровий діабет (9,2 та 6,1% відповідно). За результатами проведеного комплексного дослідження питома вага захворювань щитовидної залози виявилася іншою.

Так, у 1-й групі він становив 39,1%), а у 2-й 43,9%. У їх структурі переважали вузловий та багатовузловий еутиреоїдний зоб (58,8 та 51,2% відповідно). Далі слідували тиреоїдити (23,1 та 20,9% відповідно) та післяопераційний гіпотиреоз (11,8 та 20,9% відповідно).

З інших захворювань щитовидної залози зустрічалися дифузний ендемічний зоб (у 1-й групі 2,9%, у 2-й 7%) та захворювання щитовидної залози з синдромом гіпертиреозу (ДТЗ, функціональна автономія щитовидної залози, рецидивуючий багатовузловий токсичний зоб) та 4,7% відповідно.

На частку цукрового діабету припало 8,7% усієї ендокринної патології (9,2% у 1-й та 8,2% у 2-й групі відповідно). Ожиріння спостерігалось у 49,7% випадків захворювань на ендокринну систему, при цьому частка ожиріння II–III ступеня склала 27,2%.

Слід зазначити, що за період часу, що вивчається, не всі працівники досліджуваної АЕС та інших підприємств району, що мають захворювання ендокринної системи, зверталися до ендокринолога. У основній групі таких виявилось 36,8%, а групі порівняння 61,2% ($p < 0,01$). Серед співробітників АЕС траплялися не враховані випадки лише з діагнозу ожиріння I ступеня.

У групі порівняння до ендокринолога не зверталися з приводу раніше відомого ожиріння I–II ступеня 95,6% обстежених, а щодо захворювань ЩЗ 66,7%.

Серед співробітників АЕС активно не зверталися до ендокринолога з приводу ожиріння I ступеня 75% працюючих з нормальними умовами праці та не підлягають щорічному періодичному медичному огляду (ПМВ), а причиною звернення інших 25% були захворювання щитовидної залози (ожиріння у них супутня патологія). При проходженні ПМО 70,3% осіб із раніше встановленим діагнозом ожиріння I ступеня цеховими терапевтами до ендокринолога не прямували, і ТАП на них не оформлювався. У співробітників АЕС були статистично зареєстровані всі випадки ожиріння II–III ступеня, тоді як у групі

порівняння лише 25%. В основній групі статистично зареєстровані всі раніше відомі випадки захворювань щитовидної залози та цукрового діабету, а в групі порівняння лише кожен другий випадок.

Отже, в основній групі всі випадки раніше відомої ендокринної патології (захворювання щитовидної залози, цукровий діабет, ожиріння II-III ступеня) були зареєстровані, а в групі порівняння зареєстровано 42,9%.

Комплексне дослідження показало, що поширеність захворювань ендокринної системи не мала достовірних відмінностей між порівнюваними групами і склала в основній групі 378,3, а у групі порівняння 426,1 на 1000 працюючих ($p > 0,05$). Показник первинної ендокринної захворюваності був достовірно нижчим у 1-й групі, ніж у 2-й (26,1 та 95,7 на 1000 працюючих відповідно; $p < 0,01$).

Слід зазначити, що за даними офіційної статистики, яка залежить від звертання населення до закладів охорони здоров'я, їхньої санітарної грамотності та медичної активності, рівень захворюваності працівників підприємства атомної енергетики вдвічі перевищує аналогічний показник працездатного населення району. У той же час власне комплексне клінікоінструментальне дослідження показує, що в рівні та структурі захворюваності, у тому числі ендокринної системи, у співробітників підприємства атомної енергетики, що працюють в контакт з ДІВ, та працездатного населення йоддефіцитного досліджуваного району, зайнятого в інших сферах професійної діяльності, статистики достовірних відмінностей не виявлено. Рівень первинної ендокринної захворюваності працівників досліджуваної АЕС достовірно нижчий, ніж у іншого працюючого населення району (26, 1 та 95,7 на 1000 працюючих відповідно; $p < 0,01$). Отже, під час роботи АЕС у штатному режимі вплив основної виробничої шкідливості для здоров'я персоналу мінімально.

Серед патології ендокринної системи в обох групах переважають захворювання щитовидної залози та ожиріння, при цьому провідним є вузловий

еутиреоїдний зоб (58,8% в основній групі та 51,2% у групі порівняння). Вирішальний вплив на дані офіційної статистики для категорії працюючого населення надають кратність та обсяг періодичних медичних оглядів, наявність цехової терапевтичної служби, можливість залучення лікарів спеціалістів на оздоровчі пункти підприємств.

Перевищення показників захворюваності працівників досліджуваного району порівняно з аналогічними показниками в цілому відображає якість та повноту надання медико-профілактичної допомоги на режимному об'єкті атомної енергетики АЕС, що аналізується.

Таким чином, основою підвищення якості надання медичної допомоги працюючим є вдосконалення організаційної роботи у первинній ланці охорони здоров'я.

2.3 Висновки за розділом

В розділі розглянуто загальний радіаційний вплив атомних електростанцій на довкілля. Проведено аналіз захворювальності робочого персоналу на підприємстві атомної енергетики. Порівнювані групи розрізнялися за кратністю та обсягом періодичних медичних оглядів. У 1-й групі проводили щорічні періодичні медичні огляди всіх працюючих з основною виробничою шкідливістю, у 2-й медичні огляди здійснювалися 1 раз на 2 роки.

Серед патології ендокринної системи в обох групах переважають захворювання щитовидної залози та ожиріння, при цьому провідним є вузловий еутиреоїдний зоб (58,8% в основній групі та 51,2% у групі порівняння). Вирішальний вплив на дані офіційної статистики для категорії працюючого населення надають кратність та обсяг періодичних медичних оглядів, наявність цехової терапевтичної служби, можливість залучення лікарів спеціалістів на оздоровчі пункти підприємств.

Перевищення показників захворюваності працівників досліджуваного району порівняно з аналогічними показниками в цілому відображає якість та повноту надання медико-профілактичної допомоги на режимному об'єкті атомної енергетики АЕС, що аналізується. Таким чином, основою підвищення якості надання медичної допомоги працюючим є вдосконалення організаційної роботи у первинній ланці охорони здоров'я.

3 ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ФІНАНСУВАННЯ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

3.1 Державно-приватне партнерство в атомній енергетиці: досвід США

Атомна енергетика — зріла галузь як із технологічної, так і інституційно-правової точок зору. Цілі розвитку та ключові правила її функціонування визначаються національними урядами. Ця фундаментальна риса є спільною для всіх країн. «Мирний атом» завжди є компонентом державної енергетичної та економічної стратегії.

Незважаючи на цю особливість, атомна енергетика може бути комерційним бізнесом із активною роллю приватних компаній. Історично першим і найрозвиненішим на сьогодні став досвід державно-приватного партнерства (ДПП) в атомній енергетиці США, де виробляється 30% світового енерговироблення на АЕС. Аналіз цього досвіду становить інтерес для експертів атомної галузі України та світу з двох причин. По-перше, отримані уроки є важливими для осмислення при розробці державних та корпоративних стратегій реалізації внутрішньонаціональних проектів АЕС. В Україні за останні кілька років було обговорено кілька пілотних проектів для ДПП. На жаль, приватні інвестиції досі не залучені до цих проектів, у тому числі через недостатній досвід ДПП в атомній галузі України.

По-друге, досвід США у ДПП перспективний при реалізації міжнародних проектів АЕС. Сучасний ринок спорудження АЕС (як і зростання світового енергоспоживання) зосереджений у країнах, що розвиваються, — «новачках атомного клубу». За прогнозом Міжнародного енергетичного агентства, до 2040 р. у світі відбудеться збільшення на 60% встановленої потужності АЕС — до 624 ГВт (з 392 ГВт у 31 країні).

Сьогодні на етапі будівництва знаходяться 62 блоки АЕС у 15 країнах, ще

близько 40 країн планують введення першої АЕС. Такі країни мають розвинути у себе (часто — шляхом «імпорту») все зведення законодавчих норм та інституційних структур. Інструменти ДПП можуть бути перенесені на ґрунт імпортерів АЕС. Багато потенційних покупців АЕС що неспроможні отримати фінансування з джерела.

У зв'язку з цим розвиток ДПП є перспективним для розробки життєздатної комерційної моделі проекту АЕС та залучення фінансування з недержавних джерел, а як наслідок – розширення ринків збуту проектів АЕС.

3.2 Еволюція ДПП в атомній енергетиці США

ДПП за атомними проектами у США формувалося з моменту появи цивільних технологій АЕС. Історична ретроспектива атомної галузі США з виявленням ключових компонентів ГПП важлива для осмислення статусу-кво.

У США експлуатуються 100 блоків АЕС, з яких 92 знаходяться або у приватній, або спільній з муніципалітетами власності. У 2015 р. на АЕС у США було вироблено 797 ТВт-год (20% енергоспоживання). Електрифікація в США почалася у великих містах як приватний бізнес (до 1914 р. 43 штати почали регулювати приватні енергокомпанії). Через століття приватні інвестори та енергокооперативи, що належать енергоспоживачам, мають 80% електростанцій потужністю 680,5 ГВт.

У 1946 р. Конгрес створив Комісію з атомної енергії, яка очолила роботу зі створення першого експериментального реактора-розмножувача потужністю 200 кВт для електроенергії, пущеного 1951 р. Вже 1954 р. приватні компанії отримали право подавати заявки отримання ліцензії на експлуатацію.

Для стимулювання приватних інвестицій у атомну енергетику 1957 р. Конгрес ухвалив закон Прайса-Андерсона, який обмежив відповідальність приватних власників у разі ядерного інциденту.

Закон про приватне володіння ядерними матеріалами 1964 р. дозволив приватним операторам володіти паливом для АЕС. Протягом 1960-х років. Приватні інвестиції в АЕС зростали, але з 1978 р. і донедавна в США не було розпочато жодного проекту АЕС.

Паралельно йшов інституційний розвиток галузі: Законом про реорганізацію енергетики 1974 р. Комісія з атомної енергії була поділена на Комісію з ядерного регулювання (NRC), яка очолила нормативно-правове регулювання, та Управління енергетичних досліджень та розробок (ERDA, 1977 р. створеному Міненерго США).

Наприкінці 1979 р. після аварії на АЕС «Три майл айланд» Комісія з ядерного регулювання посилила норми, що призвело до значних проектних змін у планах будівництва АЕС, що реалізуються на той момент. Це спричинило зрив графіків їх зведення та перевитрат. У зв'язку з ускладненням проектних рішень та нарощуванням систем безпеки АЕС відбулося зростання капітальних витрат. Це призвело до банкрутства акціонерів та збитків кредиторів. Іноді втрати перекладалися на платників податків через механізми держпідтримки.

У Законі про енергетичну політику США від 1992 р. було вжито заходів щодо усунення перешкод на шляху приватних інвестицій в атомну енергетику: створено державний фонд для виведення АЕС з експлуатації, змінено процедуру ліцензування.

Її поділили на три складові, які могли бути рознесені у часі або йти паралельно залежно від динаміки проекту:

- комбінована ліцензія на спорудження та експлуатацію (combined construction and operating license, COL);
- ліцензування проекту (дизайну) АЕС (без адаптації під конкретний майданчик так званого базового проекту);
- ліцензування майданчика [без прив'язки до конкретного проекту (дизайну) АЕС, early site permits, ESP].

Комбіноване ліцензування почало впроваджуватися наприкінці 1990-х років. з метою забезпечення більшої прозорості та швидкості процесу. До 2014 року на неї було подано 18 заявок.

У 2002 р. Міненерго США надало програму «Атомна енергія-2010», яка передбачала держгарантії за кредитами та підтримку у вирішенні нормативних, технічних та інституційних проблем (включаючи допомогу у пошуку майданчика для будівництва).

Незважаючи на всі ці зусилля, жоден новий проект АЕС з 1978 по 2008 р. [до підписання контракту на АЕС Вогл (Vogtle)] так і не перейшов в інвестиційну стадію. Ні розмір попиту електроенергію, ні конкуренція коїться з іншими джерелами енергії, ні рівень держпідтримки не сформували достатніх умов нового атомного будівництва. Однак діалог між урядом, енергокомпаніями та регулятором не припинявся, і вже на наступному етапі було знайдено нові схеми ДПП, що дозволили досягти взаємовигідного балансу інтересів щодо проектів АЕС.

3.3 Сучасні урядні стимули для атомних проектів у США

На рубежі століть у світі встановилася сприятлива атмосфера для атомної енергетики, сплеск активності на світовому ринку спорудження АЕС навіть отримав оптимістичне ім'я «атомного ренесансу».

Крім добре вивченої економіки АЕС, що виробляють великі обсяги електроенергії за стабільними цінами, на користь атомної генерації говорили висока волатильність і зростання цін на викопне паливо, а також міжнародні ініціативи щодо скорочення парникових газів.

Запуск нових проектів АЕС зіткнувся з труднощами через зміни на ринках електроенергії, які мають гарантувати інвесторам та кредиторам повернення фінансування: багато ринків на рівні штатів було лібералізовано.

Серед цілей енергетичної політики США на початку 2000-х років. було проголошено підвищення енергобезпеки, задоволення зростаючого попиту на електроенергію, а також скорочення викидів парникових газів шляхом стимулювання інвестицій в екологічно чисту енергію. Ці цілі стали основою Закону про енергетичну політику 2005 р., в якому передбачені такі стимули приватних інвестицій в АЕС:

1. Страхування від зриву графіка проекту АЕС у разі регуляторних затримок (на суму до 500 млн дол. США для перших двох блоків та 250 млн дол. США для наступних чотирьох). Страхування охоплює втрати від перенесення терміну початку експлуатації АЕС, наприклад витрати на фінансування .

2. Гарантії за кредитами (до 80% від інвестиційної вартості проектів зі строком погашення 30 років).

3. Податкові пільги на виробництво електроенергії для перших 6 ГВт нових АЕС у розмірі 18 дол. США на 1 МВт-год, при ліміті до 125 млн дол. США на 100 МВт на рік (будівництво АЕС має розпочатися до 1 січня 2014 р., а експлуатація - до 2021 р.; пільга діє протягом перших 8 років експлуатації АЕС).

4. Продовження дії системи страхування відповідальності за ядерні збитки до 2025 р. (Закон Прайса-Андерсона).

Одним із важливих стимулів для нових АЕС є програма гарантій щодо кредитів Міненерго США. Інвестори можуть одержати під держгарантії пільгове боргове фінансування з боку приватних банків або Федерального банку фінансування. У 2008 р. Конгрес схвалив виділення 18,5 млрд дол. США на ці гарантії. У 2011 р. Міненерго США отримало 19 заявок на держгарантії від 17 компаній для будівництва 14 блоків АЕС (на 188 млрд дол. США). Лише одна заявка отримала підтримку - на проект АЕС "Вогнів", 3, 4 у штаті Джорджія.

Наприкінці 2015 р. на держгарантії планувалося виділити 40 млрд дол. США, з яких 12,5 млрд — на атомну енергетику (початковий бюджет було скорочено), а решту — на відновлювані джерела енергії, енергоефективність,

передові види транспорту та ін. , Що проекти спорудження нових АЕС претендують тільки на 30% програми держгарантій, є своєрідним визнанням їх більшої зрілості як у технологічному, так і в комерційному плані.

3.4 АЕС ВОГЛ — перша атомна будівка у США за останні 30 років

Проаналізуємо комбінацію фінансових, законодавчо-нормативних та ринкових факторів, які уможливили реалізацію проекту АЕС Вогл (3, 4).

Акціонери та підрядники. АЕС Вогл (3, 4) належить чотирьом енергокомпаніям:

1) компанія "Джорджія Пауер" (Georgia Power, частка власності в проекті 45,7%) - найбільша енергокомпанія штату: її частка ринку всіх поставок електроенергії становить 62%, а частка поставок для промислових та комерційних споживачів - 70%;

2) корпорація «Оглеторп Пауер» (Oglethorpe Power, частка 30%) – некомерційна енергокомпанія, що забезпечує електроенергією 38 із 42 енергокооперативів у Джорджії;

3) спільна електрична адміністрація Джорджії, СЕАД (Mutual Electric Authority of Georgia, MEAG, частка 22,7%) працює за схожою з «Оглеторп Пауер» моделі, об'єднуючи 49 некомерційних державних енергокомпаній;

4) енергокомпанія "Далтон" (Dalton Utilities, частка 1,6%) - невелика муніципальна енергокомпанія міста Далтон у Джорджії.

У табл. 3.1 представлені показники роботи акціонерів Вогл.

Таблиця 3.1 - Показники діяльності акціонерів АЕС Вогл, 2015 р.

	Установленная мощность электростанций, ГВт	Выработка электроэнергии, ТВт-ч	Выручка, млн долл. США	Сотрудники, тыс. чел.	Потребители, тыс. чел.	Стоимость активов, млрд долл. США
Джорджия Пауэр	15,4	65,5	8326	8,3	2450	32,86
Оглеторп Пауэр	6,85	18,4	222	0,27	10 000	10,06
СЭАД	2,07	10,5	642	0,2	600	9,44
Далтон	Н.д.	Н.д.	Н.д.	0,3	14	Н.д.
Сауен Кампани	44	187	17 489	31	9000	78,318

примітка: «Сауен Кампані» є материнською компанією «Джорджія Пауер», беручи участь в управлінні збутом електроенергії та залученні фінансування до проекту АЕС Вогл. "Далтон" фінансові звіти не публікує.

Як очевидно з табл. 3.1, найпотужнішим акціонером за масштабом діяльності є компанія "Джорджія Пауер", чия стійкість підкріплюється солідним розміром її материнської компанії - "Сауен Кампані" (Southern Company).

Якщо інших акціонерів АЕС Вогл (3, 4) є єдиним великим проектом капіталовкладень, то «Джорджія Пауер» не домінує у програмі капвкладень компанії, займаючи близько 25% (рис. 3.1).

Експлуатуючою організацією АЕС Вогл (1–4) є Сауен Нуклеар (Southern Nuclear). Ця компанія разом із «Джорджія Пауер» є дочірньою компанією «Сауен Кампані».

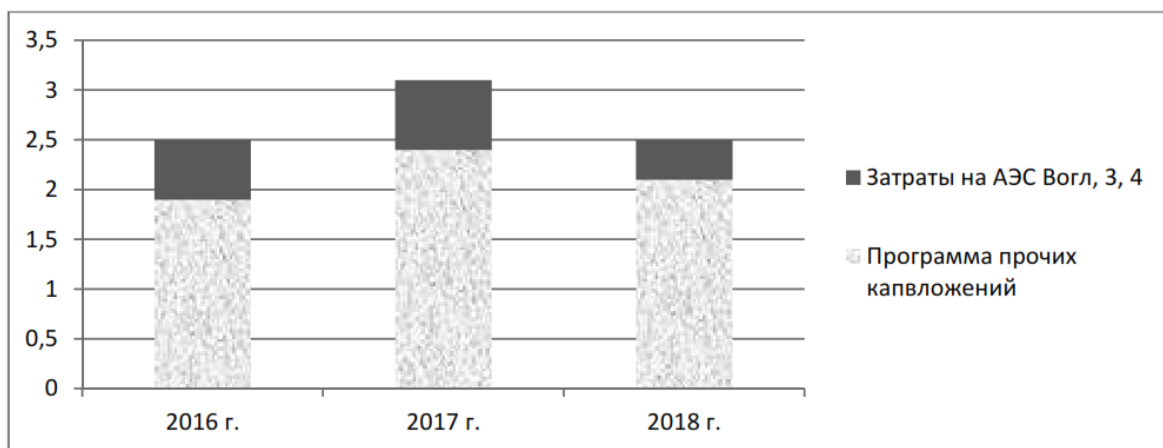


Рисунок 3.1 - Програма капвкладень «Джорджія пауер», млрд дол.

ЕРС-контракт на АЕС Вогл укладений у квітні 2008 р. між «Джорджія Пауер» (як агент від імені співакціонерів) та компаніями «Вестингауз Електрик» (Westinghouse Electric) та «Стоун-н-Вебстер, Інк» (Stone & Webster, Inc.) на два блоки АЕС.

Материнська компанія "Вестингауза" - японська "Тошиба" - надає свої гарантії замовникам - акціонерам АЕС Вогл. У зв'язку з нещодавнім зниженням рейтингу «Тошиби» «Вестингауз» надав замовникам АЕС «Вогл» акредитив у розмірі 900 млн дол. США.

АЕС Вогл (3, 4) вперше в США реалізується за дизайном AP-1000 компанії Вестінгауз Електрик.

Проект AP-1000 сертифікований Комісією з ядерного регулювання ще у 2002 р., а проект, адаптований під майданчик Вогл, затверджено Комісією у грудні 2011 р. Комбінована ліцензія була отримана у лютому 2012 р., лише через 4 роки після направлення заявки, а ліцензія на майданчик – у серпні 2009 р. (через 3 роки після заявки). Тривалість ліцензування призвела до додаткових витрат та взаємних претензій учасників проекту, які акціонери оцінювали у 1 млрд дол. США.

На початку 2016 р. після майже 4-річного судового розгляду між компанією «Джорджія Пауер», що діє від імені співакціонерів, та підрядниками було укладено мирову угоду.

Вартість проекту. Відповідно до методики оцінки вартості проекту Вогл, витрати на будівництво аналізуються за двома категоріями: загальні капітальні витрати, оцінені на певну дату (так звана миттєва вартість) та витрати на фінансування. У свою чергу, загальні капзатрати поділяються на вкладення щодо ЄДС-контракту та витрати власника АЕС. ЕРС-витрати визначено в ЕРС-контракті.

Витрати власника розкриваються, наприклад, у піврічних звітах, які подаються до Комісії з комунального обслуговування штату Джорджія та

концептуально охоплюють широкий перелік витрат, включаючи управління проектом, програми менеджменту якості, розвиток ліній електропередач тощо. У 2009 р. Комісія з комунального обслуговування Джорджії в рамках аудиту «Комплексного ресурсного плану» компанії «Джорджія Пауер» погодила миттєву вартість АЕС Вогл (при плані пуску блоків 3 та 4 в експлуатацію у квітні 2016 р. та квітні 2017 р.). Виходячи з цієї оцінки у табл. 3.2 представлено вартість АЕС.

Таблиця 3.2 - Вартість АЕС Вогл, млн дол.

	Итог	Джорджия Пауэр	Оглеторп Пауэр	САЭД	Далтон
Доля акционера	100%	45,7%	30,0%	22,7%	1,6%
Мгновенная стоимость (оценка 2009 г.)					
Базовая цена ЕРС-контракта	6818	3116	2046	707	33
Эскалация ЕРС-контракта	1490	681	447	155	7
Затраты владельцев	1359	621	408	141	7
Общая мгновенная стоимость	9667	4418	2900	1003	46
Стоимость, включая затраты на финансирование					
ИТОГО	15,5	6,9	4,5	3,9	0,2

У 2014 р. з Комісією з комунального обслуговування Джорджії було погоджено збільшення миттєвої вартості з 9,7 млрд. до 10,5 млрд. дол. США.

Основною причиною називається зростання витрат власників (на 76,5% — до 2,4 млрд дол. США) через зсув графіка проекту вправо, затримок у ліцензуванні та уточнення обсягу витрат власника.

Привертає увагу той факт, що проект АЕС Вогл не отримав покриття своїх ризиків затримок графіка через регуляторні зволікання по лінії держпрограми страхування даних ризиків.

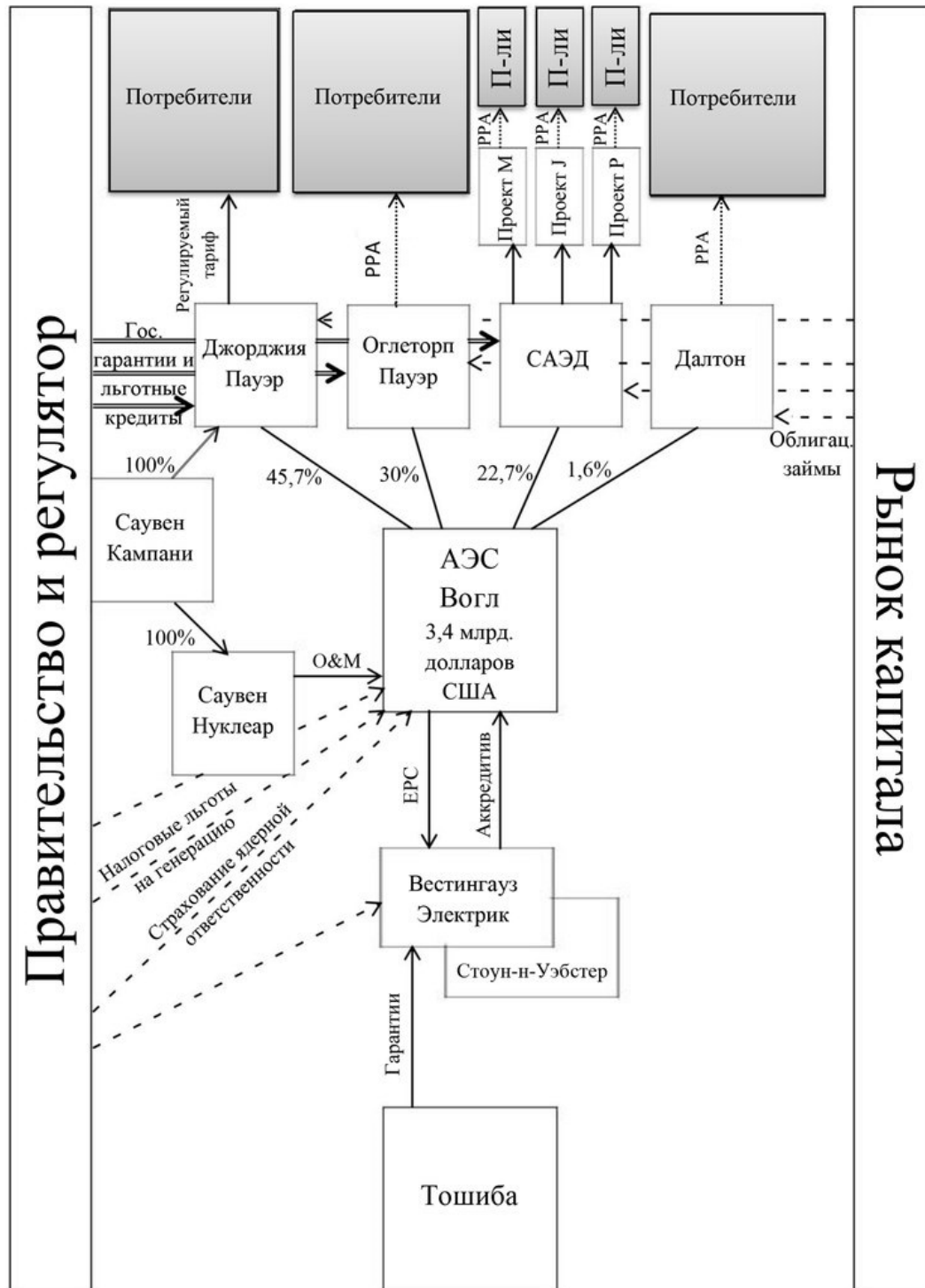


Рисунок 3.2 - Схема взаємодії ключових учасників проекту АЕС

примітка: O&M - контракт на експлуатацію та сервіс (operation and maintenance); PPA – угода про продаж електроенергії (power purchase agreement); П-ли - споживачі.

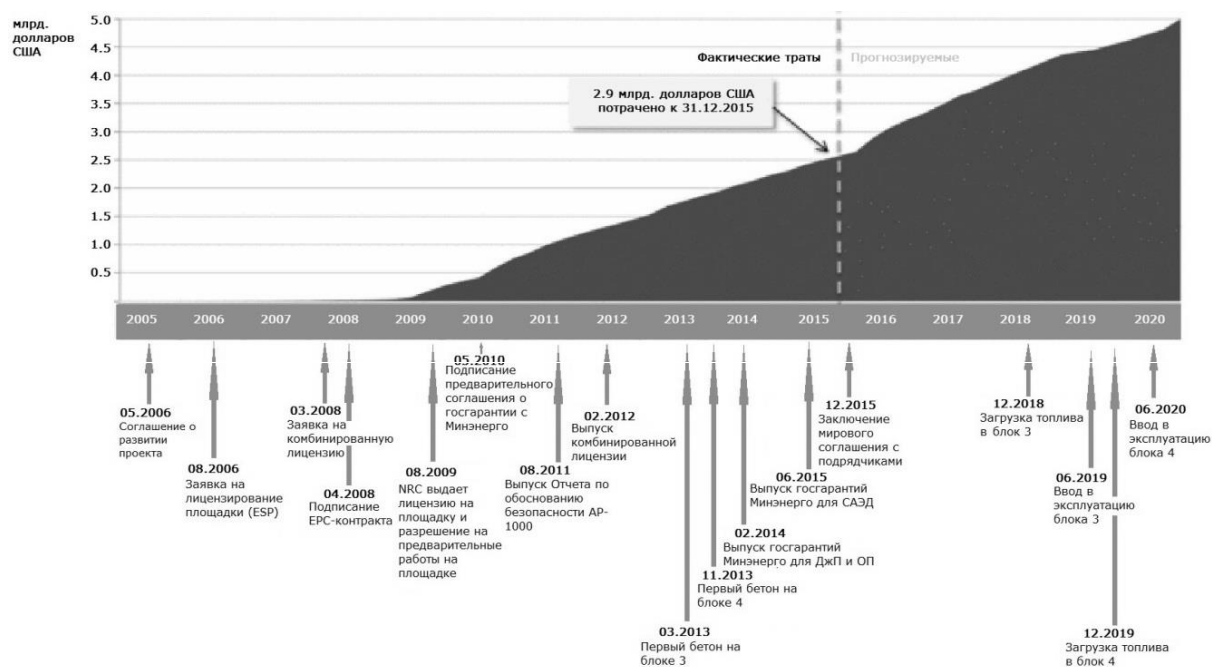


Рисунок 3.3 - Віхи та фінансування проекту АЕС Вогл

примітка: ДЖП - "Джорджія Пауер"; ВП - "Оглторп Пауер".

Важко припустити, що акціонери Вогл не намагалися це зробити — як видно з подальшого аналізу, можливості акціонерів із лобіювання дуже сильні. Моніторинг актуальної преси показує, що питання отримання страховки від регулятивних затримок обговорюється експертами, але залишається без відповіді.

Можливо, уряд кваліфікує причини затримок, що відбулися, як «звичайні бізнес-ризики» (що не є страховим випадком), що відбулися з вини учасників проекту — акціонерів і підрядників.

Останнє не дивно — відсутність проектів спорудження АЕС з 1978 р., змінилося законодавче та ринкове середовище, брак досвідчених кадрів — усі ці чинники негативно впливають на дотримання графіка та бюджету.

Можливо, однією з причин «мирової угоди» акціонерів і підрядників є небажання робити надбанням громадськості деталі за проектом.

Певна нетранспарентність статті витрат власників (порівняно з іншими

компонентами вартості проекту АЕС) викликає враження, що власники не до кінця структурували свій бюджет і прагнуть створити резерви покриття своїх ризиків.

За рахунок яких джерел та інструментів фінансується проект загалом, проаналізовано в наступному розділі.

Фінансування проекту. Акціонери АЕС Вогл відрізняються один від одного з погляду своїх бізнес-моделей та операційних структур, що впливає на їх способи фінансування проекту (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 - Джерела фінансування АЕС Вогл (3, 4)

Источник	Джорджия Пауэр	Оглеторп Пауэр	САЭД	Далтон*
Облигационные займы	+	+	+	+
Льготный кредит под госгарантии	+	+	+	—
Схема авансового возврата инвестиций (CWIP)	+	—	+	Н.д.
Прибыль от основной деятельности**	+	—	—	—
Акционерное финансирование	+	—	—	—

Три акціонери звернулися за держгарантіями за кредитами. У лютому 2014 р. Міненерго США завершило процес надання 3,46 і 3,07 млрд дол. США як гарантії за кредитами для «Джорджія Пауер» та «Оглеторп Пауер» відповідно.

У червні 2015 р. завершилися переговори щодо надання гарантій СЕАД - у розмірі 1,8 млрд дол. США. Гарантії покривають 70% капітальних витрат. «Джорджія Пауер», виходячи зі своєї стратегії фінансування капвкладень, оцінила свою економію на виплату відсотків завдяки держгарантіям у 250 млн дол. США (оцінка наведеної вартості 2018 р.). Оскільки досягнення домовленості з Міненерго щодо держгарантій було тривалим процесом, акціонери використовували облігаційні позики для фінансування Вогл. Графік фінансування проекту представлений для Оглеторп Пауер на рис. 3.4.

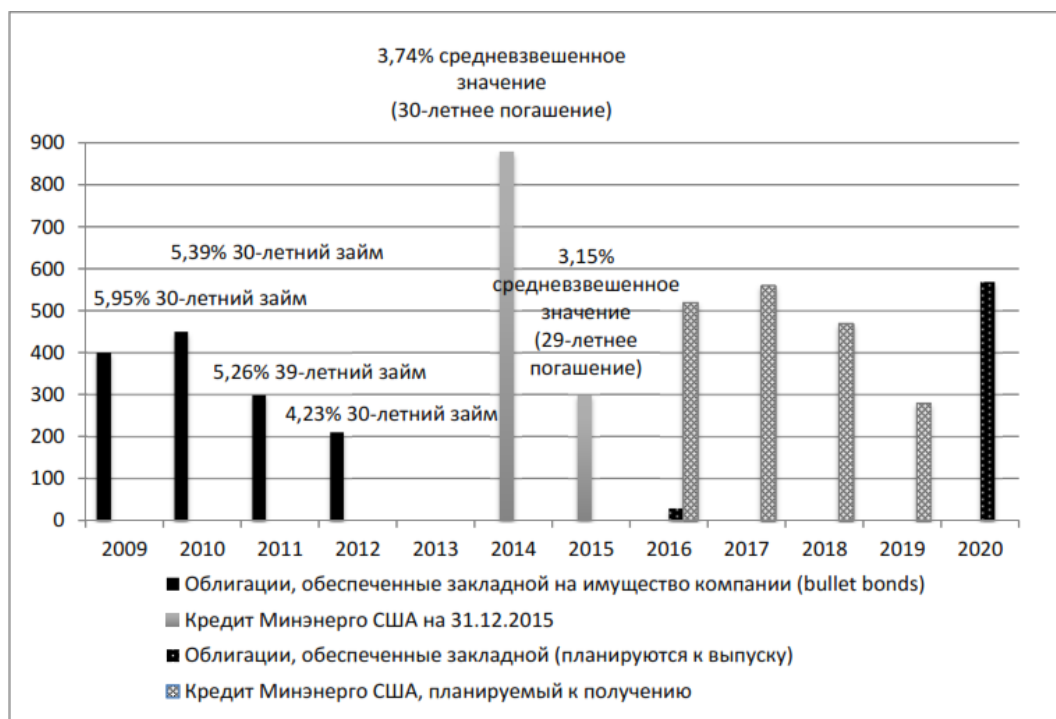


Рисунок 3.4 - План «Оглеторп пауер» щодо фінансування АЕС Вогл

З точки зору банків-учасників проект є, по суті, міжнародним, охоплюючи не лише банки США, а й Японії та Канади (Банк Мідзухо та Королівський банк Канади). Цей факт є визнанням того, що структурований таким чином проект АЕС «Вогл» має допустимий рівень ризику для кредиторів (в умовах жорсткого пост-Базельського регулювання банківської діяльності 2010 р.). А участь японських банків дозволяє перефразувати давньоримський крилатий вираз: «Гроші не випромінюють радіації».

Одним із найважливіших механізмів стимулювання проектів АЕС стала схема «авансового повернення інвестицій» шляхом переведення частини поточних витрат на енергоспоживачів.

Цей механізм називається незавершене будівництво (Construction Work in Progress, CWIP).

На відміну від традиційних схем, коли тільки введений в експлуатацію

об'єкт капбудівництва починає амортизуватися та окупатися, схема CWIP дозволяє інвесторам включати до рахунків енергоспоживачів частину витрат на фінансування проекту АЕС (з урахуванням вартості фінансування та норми прибутковості власних коштів).

"Джорджія Пауер" почала використовувати схему CWIP з 2009 р. У 2013 р. 7,58% від рахунку кожного клієнта "Джорджія Пауер" йшла на оплату витрат на фінансування АЕС Вуг. СЕАД використовує схему CWIP із 2013 р.

Схема CWIP дозволяє знизити витрати на фінансування, оскільки поточні витрати не накопичуються у процесі спорудження до пуску АЕС; це дозволяє уникнути необхідності платити "відсотки на відсотки".

Для власників АЕС Вогл схема CWIP забезпечує збільшення позитивного грошового потоку та кредитного рейтингу.

Згідно з оцінкою Інституту з атомної енергетики США, використання схеми CWIP для проекту АЕС із встановленою потужністю 1400 МВт дозволяє знизити нормовану вартість електроенергії АЕС (LCOE) зі 104 до 86 дол./МВт-год (оцінка для цін 2011 р., структура боргу/а фінансування 50/50, ставка за комерційними кредитами 6%, рентабельності акціонерного капіталу (12%). Використання схеми CWIP дозволено не в усіх штатах США, тому одержання схвалення цієї схеми в штаті Джорджія можна вважати продуктом певних зусиль, у тому числі учасників проекту «Воглів». Використання схеми CWIP викликало суспільний резонанс через питання про справедливість механізму, а також переклад ризиків проекту на споживачів.

Привертає увагу позитивна динаміка прибутку «Джорджія Пауер» за період 2005–2015 років. Зростання тарифу «Джорджія Пауер» після введення схеми CWIP склало 20% з 2010 р. (тарифи «Оглеторп» з 2010 р. зросли на 6%, рис. 3.5).

У той же час схема CWIP забезпечує для споживачів плавніше зростання тарифу і навіть деяке зниження його зростання (за рахунок того, що у вартості

готової АЕС відсотки за кредити не капіталізуватимуться).

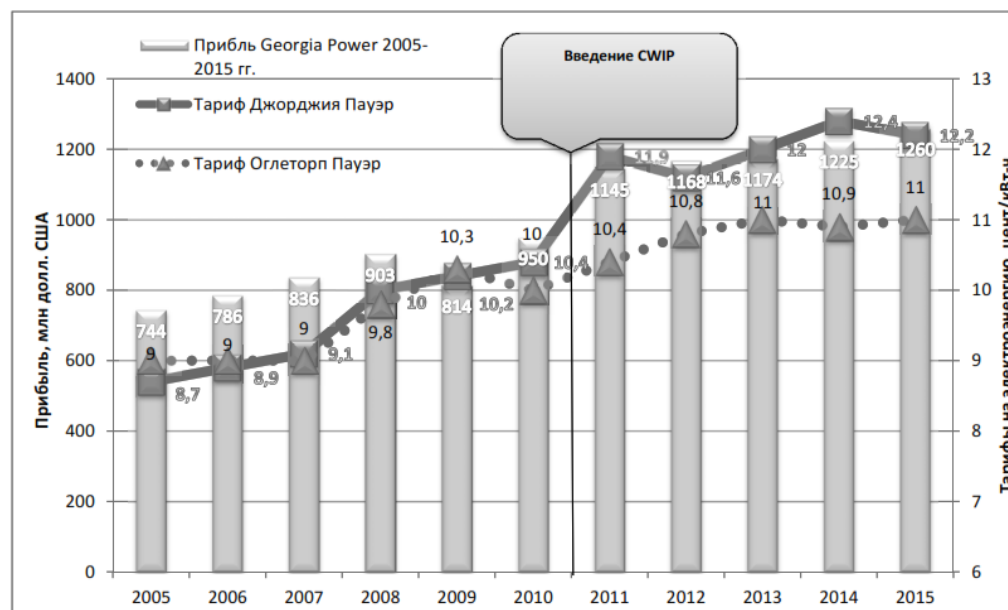


Рисунок 3.5 - прибуток та тариф «Джорджія пауер»

Незважаючи на наявність схеми CWIP, тарифи в штаті Джорджія за своєю величиною посідають 22 місце у США (в середньому 10,03 цента/кВт-год). Для порівняння: у Каліфорнії, де ринок електроенергії лібералізований, тариф становить 15,15 цента/кВт-год, перебуваючи на 8-му місці (дані за 2015 р.).

Таким чином, схема CWIP не призводить до однозначного подорожчання електроенергії. При цьому схема CWIP точно є однією з найважливіших компонентів життєздатності фінансової схеми проекту Вогл. Усі акціонери планують звернутись за отриманням податкової пільги на виробництво електроенергії.

Оцінка економії за цією статтею доступна лише для «Джорджії Пауер» і становить 800 млн. дол. США. За сукупністю з використанням інших інструментів держпідтримки (CWIP та держгарантій) ці заходи дозволять стримувати зростання тарифів на електроенергію АЕС, що збільшує її конкурентоспроможність на ринку.

Ринок збуту електроенергії для акціонерів АЕС. Акціонери Вогл

забезпечують практично 100% енергоспоживання штату Джорджія, ринок якого регулюється Законом про територіальне постачання електроенергії 1973 р. Відповідно до цього закону визначаються території, на яких енергокомпанії можуть продавати електроенергію.

Вибрати постачальника електроенергії можуть лише великі споживачі (понад 900 кВт). Таким чином, роздрібний ринок електроенергії штату Джорджія функціонує за умов локальної монополії.

Основним джерелом виробництва електроенергії у штаті є вугілля (рис. 3.6).

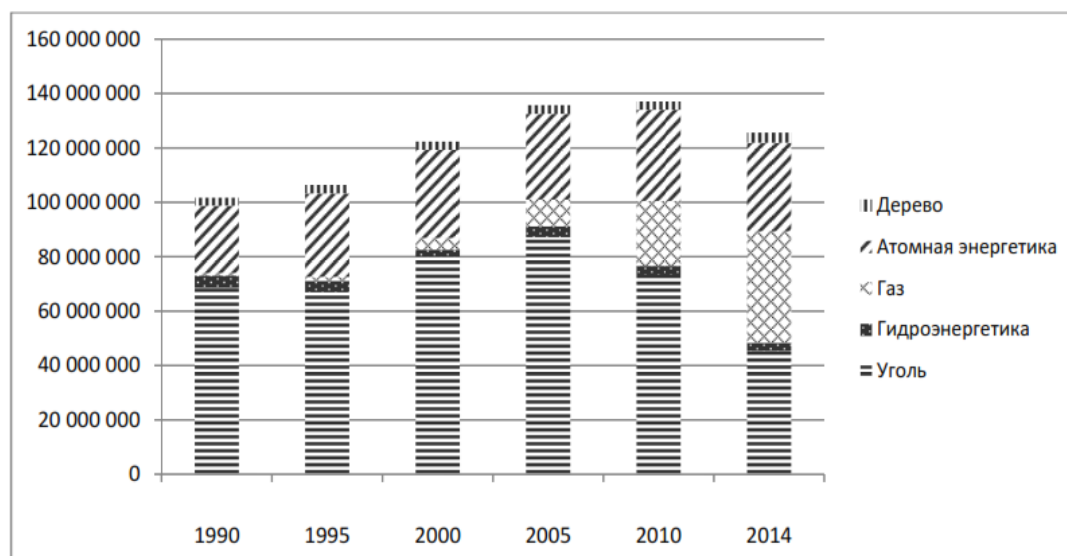


Рисунок 3.6 - Структура генерації електроенергії у штаті Джорджії, МВт-ч

Драйверами зміни структури енергоджерел стала державна політика на екологізацію, а також зниження вартості газу після сланцевої революції. Атомна генерація забезпечує близько третини енергоспоживання штату (займаючи 11% загальної встановленої потужності).

Поступове заміщення вугілля газом при загальному зростанні енергоспоживання робить актуальним пропорційне збільшення встановленої потужності АЕС для забезпечення стабільної генерації, яка працює в базовому режимі.

Діяльність компанії «Джорджія Пауер» регулює Комісія з комунального обслуговування штату Джорджія, включаючи тарифоутворення та встановлення справедливої доходності продажів.

Рентабельність капіталу "Джорджія Пауер" узгоджена на рівні 10,95%. Дві третини доходу, що перевищує 12%, компанія відшкодовує споживачам, одну третину утримує.

Ринок збуту «Оглеторп Пауер» — енергокооперативи. Відносини між некомерційною "Оглеторп Пауер" та її 39 членами регулюються довгостроковими угодами про купівлю електроенергії (до 2050 р.), таким чином, не існує ризику, що конкуренти вийдуть на їхню нішу ринку.

Тарифи повинні бути достатніми для покриття витрат компанії на виробництво електроенергії та створення резерву на інвестиційні витрати на проекти будівництва.

Цей резерв акумулюється для гарантії платоспроможності Оглеторп у разі непередбачених обставин. СЕАД постачає електроенергію для більшості муніципальних енергокомпаній у Джорджії.

Тарифоутворення та система гарантування збуту СЕАД загалом схожа з «Оглеторп» і будується з урахуванням довгострокових угод купівлі електроенергії. Однак СЕАД зробив зусилля щодо диверсифікації ризиків спорудження АЕС та збуту електроенергії для підвищення комерційної привабливості проекту з метою залучення фінансування.

У 2014 р. СЕАД розділив свою частку в АЕС Вогл на три «проекти», створивши три проектні компанії:

- Проект М забезпечуватиме енергопостачання муніципалітетів Джорджії (частка в АЕС Вогл, 3,4–7,7%).
- Проект J забезпечить збут електроенергії у місті Джексонвілл, Флорида (частка – 9,3%).
- Проект Р забезпечить збут електроенергії у місті Андалусія, Алабама

(частка – 5,7%).

Обсяг угод купівлі електроенергії пропорційний частці кожного проекту у володінні АЕС Вогл (3, 4).

Кожен із цих проектів фінансується окремо, з власним випуском облігацій під укладені на 20 років угоди щодо купівлі електроенергії (на умовах бери — чи плати), на засадах прив'язки тарифу до собівартості виробництва. На умови облігаційних позик та високі кредитні рейтинги трьох проектів позитивно вплинуло досягнення домовленості про надання держгарантії Міненерго США у червні 2015 р. З іншого боку, СЕАД отримав держгарантію лише влітку 2015 р., на відміну від інших акціонерів, які завершили цей процес у лютому м.

Очевидно, СЕАД не міг довести Міненерго свою фінансову стійкість, і поділ частки на три у 2014 р. сприяв позитивному рішенням щодо держгарантії.

3.5 Висновки за розділом

За підсумками проведеного аналізу можна виділити три детермінанти успіху ДПП за проектом АЕС.

- Гарантоване повернення інвестицій через стабільний збут електроенергії за довгостроковими регульованими тарифами.

Завдяки особливості нелібералізованого ринку кожна енергокомпанія — акціонер АЕС Вогл — працює за відсутності конкуренції за споживача завдяки Закону про територіальне постачання електроенергії. На лібералізованих ринках інвестор не може отримати гарантованого збуту електроенергії за передбачуваними цінами, що призводить до високих ризиків за проектами нових АЕС. Показово те, що, незважаючи на вищі в середньому тарифи в штатах з лібералізованими ринками, перша в новітній історії АЕС споруджується в штаті з ринком електроенергії, що регулюється.

- Особливості ринку електроенергії Джорджії дозволяють проекту АЕС

Вогл отримувати переваги від унікальної комбінації інструментів гарантування збуту. З одного боку, існує «Джорджія Пауер», вертикально інтегрована енергокомпанія з монопольним становищем на ринку та регульованими тарифами. З іншого боку — енергокооперативи «Оглеторп» та СЕАД, які керуються своїми споживачами та мають із ними 20-річні угоди з продажу електроенергії (термін, за який інвестиції в АЕС мають окупитися). Прогресу за проектом Вогл сприяє наявність ємного ринку збуту, що росте [Джорджія займає 8-е місце за кількістю жителів (9,9 млн осіб) і 18-е місце в рейтингу за рівнем життя серед штатів США]. Внесок у стабільність повернення інвестицій надає хороша прогнозованість вартості електроенергії від АЕС,

- Стабільне сприятливе середовище реалізації проекту завдяки підтримці уряду та громадськості. Чітка державна політика США щодо підтримки атомної енергетики у «паливному кошику» є найважливішим сигналом інвесторам, а також «Уолл стріт» — фондовим ринкам. Життєздатність комерційної схеми капіталомісткого проекту АЕС Вогл ґрунтується на комплексі заходів держпідтримки та зрілої законодавчо-нормативної бази, що обмежують фінансові ризики. Держгарантії разом із податковими пільгами, дозволом включати поточні витрати на тарифи на електроенергію (за схемою SWIP) роблять проект Вогл привабливим для акціонерів і кредиторів.

Великого значення має система страхування відповідальності ядерних ризиків (закон Прайса-Андерсона). Висока та громадська підтримка атомної енергетики: 86% населення вважають, що атомна енергетика має відігравати важливу роль у майбутньому енергобалансі країни.

Учасники проекту АЕС Вогл — великі компанії з проактивним підходом. Акціонери АЕС Вогл є диверсифікованими компаніями за своїми бізнесами, ринками збуту (за типами споживачів) та об'єктами капіталовкладень (останнє відноситься до потужної материнської компанії найбільшого акціонера - Саувен Кампані).

Аналіз продемонстрував значні здібності компаній досягати необхідних проекту, іноді нестандартних рішень — чи це рівень федерального уряду (за держгарантіями), регіональної влади (використання схеми CWIP), підрядників (світова угода щодо врегулювання суперечок) чи споживачів (лотування збуту СЕАД за трьома проектами).

Результати дослідження ГПП в атомній енергетиці США показують, що даний формат включає велику кількість оргрішень на макрорівні федерального і регіонального урядів, мезорівні компаній — учасниць проектів АЕС і мікрорівні управління проектом.

Комплекс конкретних заходів, які сприяли реалізації проекту Вогл, є результатом додавання інституційних, законодавчих, економічних, політичних умов США.

Якщо аналізувати перспективність перенесення американського досвіду ДПП до інших країнах, то важливим аспектом є чіткої національної волі в розвитку атомної енергетики, імplementованої лише на рівні конкретних законів. Необов'язково (і неможливо) намагатися створити 100% копію американської системи ДПП, яка сама нагадує симбіоз з кількох національних моделей атомної енергетики. Так, вертикально інтегрована модель «Джорджія Пауер» можна порівняти з бізнес-моделлю ЕдФ (EdF, за винятком державного володіння), а модель енергокооперативів «Оглеторп» та СЕАД нагадує схему «манкала» енергокооперативів Фінляндії. Комбінування різних із проаналізованих інструментів має адаптуватися під локальні умови, виходячи з потреб конкретного проекту АЕС.

4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АЕС УКРАЇНИ

Однією з найнебезпечніших аварійних ситуацій, що призводять до запроектої аварії АЕС, особливо під час бойових дій на території країни, є повне тривале знеструмлення. У подібних аварійних умовах основним завданням систем безпеки (СБ) є збереження цілісності активної зони реактора і ядерного палива (ВЯП), що відпрацювало, що знаходиться в приреакторному басейні витримки (БВ). Розробка нових проектів АЕС високого рівня безпеки вимагає розробки пасивних способів відведення тепла не тільки від активної зони та обладнання 1-го контуру, а й від басейнів витримки відпрацьованого ядерного палива до кінцевого поглинача (атмосферного повітря).

Необхідність виконання цієї вимоги стала очевидною після аварії на японській АЕС Фукусіма-1 з реакторами BWR, де внаслідок втрати основних та аварійних джерел електропостачання через вплив цунамі, спричинений землетрусом 11 березня 2011 р., було порушено відведення залишкових тепловиділень ядерного палива до активних зонах реакторів, а також відпрацьованого ядерного палива у приреакторних басейнах витримки.

Це призвело до нагрівання та випаровування теплоносія в активних зонах та охолоджувальної води в БВ, що спричинило перегрівання ядерного палива з його пошкодженням та утворенням значної кількості водню. Накопичення водню під захисною оболонкою реактора, а потім і в будівлі реакторного відділення призвело до вибухів зі значною руйнацією будівель.

За даними МАГАТЕ, темп зростання температур у басейнах витримки був дуже швидким: температура води у басейні витримки ВЯП на енергоблоці № 4 становила: 14 та 15 березня – 84 °С, 16 березня – дані відсутні. Дані щодо температури води у басейні витримки ВЯП на енергоблоці № 5: 14 березня – 59,7 °С, 15 березня – 60,4 °С, 16 березня – 62,7 °С. Дані щодо температури води у

басейні витримки ВЯП на енергоблоці № 6: 14 березня – 8 °С, 15 березня – 58,5 °С, 16 березня – 60 °С. Усі три реактори на момент землетрусу та цунамі перебували в режимі холодного зупинки.

Існуючі системи, що забезпечують відведення залишкових тепловиділень від БВ, є системами «активного» принципу дії з подачею води, що охолоджує, за рахунок роботи циркуляційних насосів. Тому в умовах тривалої втрати електропостачання власних потреб та неможливості підключення аварійних джерел електроенергії забезпечення нормального відведення залишкових тепловиділень ВЯП визначається часом випаровування води з БВ та становить, залежно від завантаження БВ паливом, від кількох діб до кількох годин. Підвищення температури з подальшим випаровуванням води призведе до початку пароцирконієвої реакції з утворенням водню.

При оголенні зовнішньої поверхні оболонок тепловиділяючих елементів ВЯП умови нормального тепловідведення порушуються, що призводить до їх ушкодження та стає причиною радіаційної аварії.

У той самий час необхідність створення пасивних систем, заснованих, зазвичай, за принципами природної конвекції, входить у суперечність із необхідністю зменшення обсягів будинків та споруд АЕС, т.к. через малу інтенсивність процесів перенесення тепла вимагає значних поверхонь теплообміну, низьких гідравлічних опорів трактів і значних прохідних перерізів охолоджуючого середовища.

Інтерес творців нової техніки викликають інтенсивніші, ніж природна конвекція, способи передачі тепла навколишньому середовищу, засновані на природних принципах при відносно малих теплових напорах. Одним з таких методів є використання різниці густин рідин і пар у гравітаційному полі, реалізоване в конструкціях двофазних термосифонів. Детальний теоретичний аналіз використання цієї технології відведення тепла виконаний у роботах, де показано принципову можливість та ефективність застосування термосифонного

методу. Однак, незважаючи на простоту і хорошу вивченість теплофізичних процесів, що протікають в цих пристроях, наявних теоретичних і експериментальних даних недостатньо для того, щоб достовірно визначити потужність, що передається, вибрати і створити конструкцію теплообмінного обладнання,

Метою дослідження в даному розділі є експериментальне обґрунтування можливості використання одного з варіантів термосифонного методу – пародинамічного відведення теплоти від об'єкта, що захищається (БВ ВЯП).

Експерименти проводилися на двох органічних низькокиплячих теплоносіях – етиловому спирті та ацетоні з різними температурами початку пароутворення. Теплообмінник-випарник контуру обігрівався двома методами:

- гарячим повітрям, яке подається за допомогою теплової гармати;
- водою, нагрітою до 90 °С, шляхом поміщення його в бак-термостат.

Контур установки являв собою протяжну ділянку трубопроводів, що відводять пари, що утворюються у випарнику, в розташований вище теплообмінник – повітряний конденсатор; конденсат, що утворюється, повертався під дією сили тяжіння у випарник. Охолодження теплообмінника-конденсатора здійснювалося природною конвекцією повітря.

Контур установки мав значні розміри, так, сумарна довжина парових та конденсатних трубопроводів перевищувала 15 метрів, що потрібне для відведення теплоти на значні відстані у проектах сучасних АЕС. Процеси випаровування, конденсації, руху потоків пари та конденсату розвиваються у часі та мають нестационарний характер.

Зовнішній вигляд та загальна схема експериментальної установки наведено на рис. 4.1.

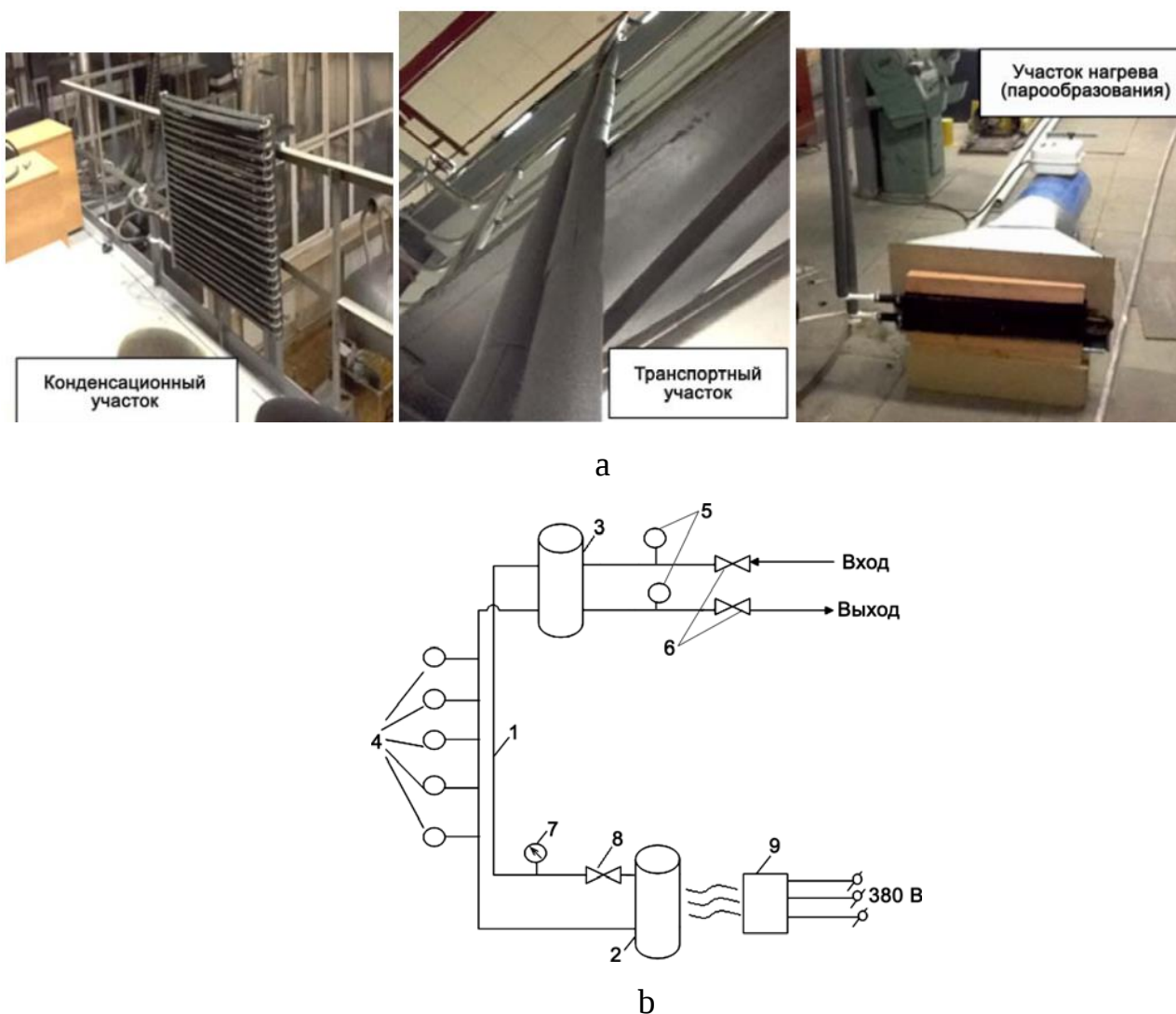


Рисунок 4.1 - Зовнішній вигляд (а) та загальна схема (б) експериментальної установки:

1 – транспортна ділянка; 2 – нагрівач-випарник; 3 – конденсатор; 4, 5 – датчики температури; / 6, 8 - регулюючі вентиля; 7 – манометр; 9 – тепла гармата

Для отримання інформації про зміни температур і тисків у протяжному контурі було розроблено швидкодіючий 16-канальний автоматизований вимірювальний комплекс, що складається з аналого-цифрового перетворювача, сумісного з персональним комп'ютером, мультиплексора та датчиків температури. Система дозволяє в автоматичному режимі проводити вимірювання

температури з одночасним формуванням масиву даних у пам'яті комп'ютера.

Основні технічні характеристики системи:

Розрядність, біт	12 (без знака)
Число каналів	16
Діапазон вимірюваної напруги,	від 0 до +5
Максимальна кількість вимірювань за секунду	200

Особливістю даного приладу є: велика швидкодія (максимальна частота дискретизації становить до 75 кГц), висока точність вимірювань (дозвіл АЦП – 12 біт), досить велика кількість каналів (із загальною землею 16 шт.), вхідний опір не менше 1 МОм, час перетворення трохи більше 10 мкс, передача даних здійснюється з допомогою порту типу RS-232. Стандарт файлу даних дозволяє використовувати результати у розрахунках Excel.

Результати експериментальних досліджень ацетону наведено на рис. 4.2-4.4. Дослідження проводилися в нестационарному режимі при нагріванні випарника водою, нагрітою до 90 ° С шляхом поміщення його в бакермостат.

Позначення термодатчиків, що використовуються, та їх місцезнаходження на контурі установки:

1. Вихід із випарника
2. Висхідний потік на висоті 2 м від випарника
3. Висхідний потік на висоті 5 м від випарника
4. Вхід у конденсатор
5. Вихід із конденсатора
6. Східний потік на висоті 2 м від випарника
7. Східний потік на висоті 5 м від випарника
8. Вхід у випарник

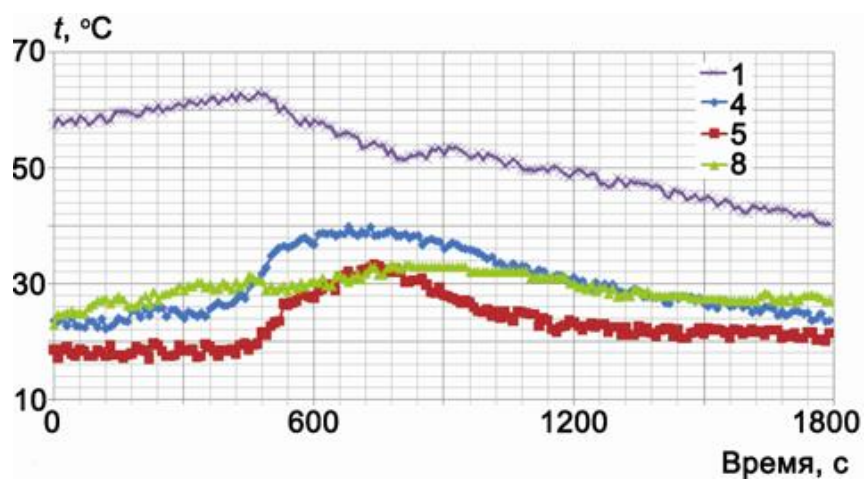


Рисунок 4.2 - Залежність температур у характерних точках від часу

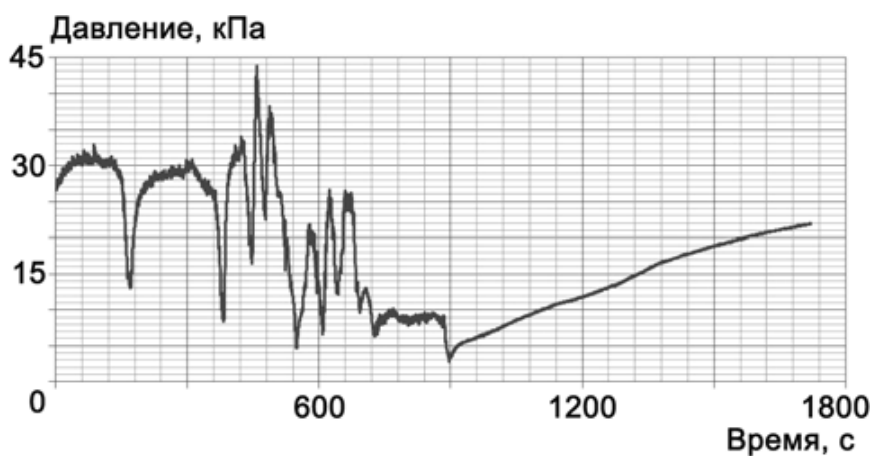


Рисунок 4.3 -Залежність тиску в контурі від часу

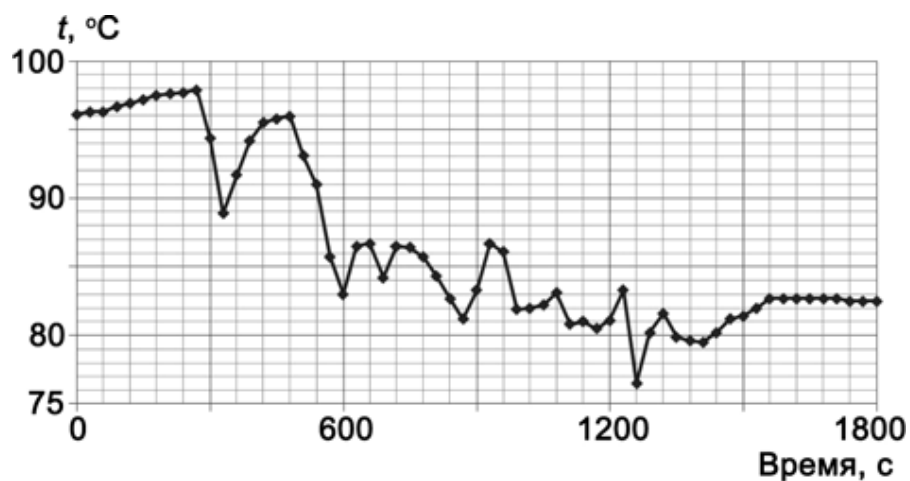


Рисунок 4.4 - Залежність температури води, що гріє від часу

Друга серія експериментів проводилася з використанням як теплоносіїв етилового спирту. Дослідження проводилися в стаціонарному режимі при

нагріванні гарячим повітрям, яке подається за допомогою теплової гармати.

Результати цих досліджень наведено на рис. 4.5-4.6.

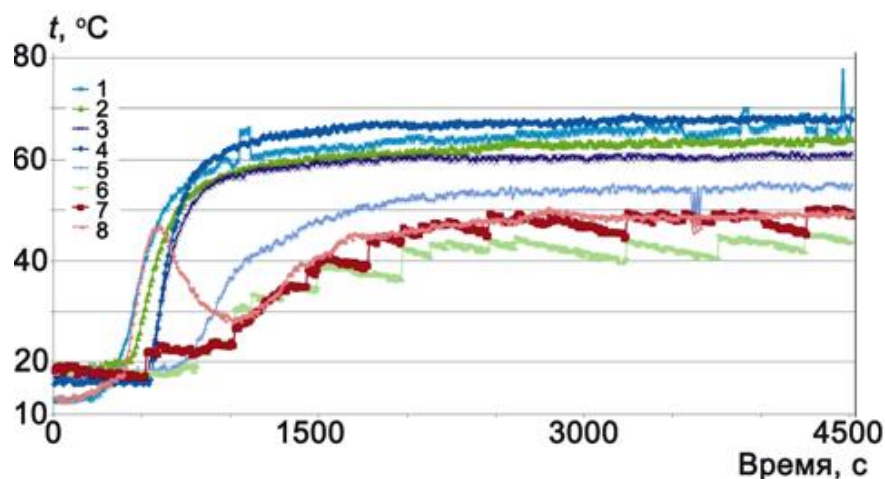


Рисунок 4.5 - Залежність температур у характерних точках від часу

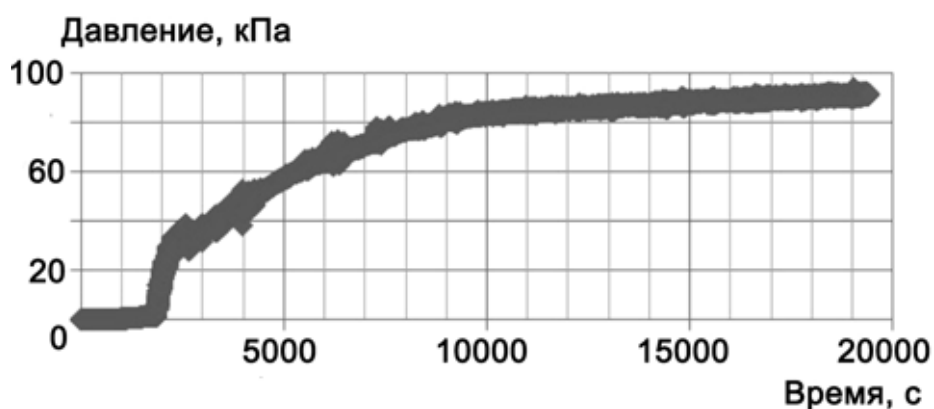


Рисунок 4.6 - Залежність тиску в контурі від часу

Дані експериментів як для ацетону, так і для етилового спирту, отримані як за стаціонарною, так і нестаціонарною методиками, показують наступне:

- при всіх досліджених теплових навантаженнях у пародинамічному контурі виникала стійка циркуляція фаз, були відсутні обмеження, характерні для теплових труб і термосифонів, в т.ч. пов'язані з перешкодою руху конденсатовисхідним паровим потоком;

- після перехідного процесу, пов'язаного з прогріванням та початком пароутворення, відбувається стабілізація температур та тиску в контурі.

Оцінка теплової потужності контуру, що передається, проводилася в нестационарному режимі за кількістю тепла, відведеного від бака з нагрітою до 90°C водою, і кількості тепла, сприйнятого теплообмінником-конденсатором:

- Повна потужність, Вт, що відводиться теплообмінником-випарником від гріючого середовища:

$$Q = \frac{V \rho c_p \Delta t}{\tau}, \quad (4.1)$$

– щільність теплового потоку в теплообміннику-випарнику, Вт/м²:

$$q = \frac{Q}{LS}, \quad (4.2)$$

– щільність теплового потоку в осьовому напрямку контуру, Вт/м²:

$$q_{oc} = \frac{4Q}{\pi D^2}, \quad (4.3)$$

де V - обсяг нагрітої води в баку, м³;

ρ, c_p – щільність та питома теплоємність води, кг/м³ та Дж/кг·°C;

Δt – зміна температури води у процесі відведення тепла, °C;

τ - час виміру, с;

L, S – довжина та периметр труб у теплообміннику-випарнику, м;

D – діаметр трубопроводів теплопередаючого контуру, м.м.

Обробка результатів вимірювань за допомогою (4.1)-(4.3) дозволила провести оцінку теплопередавальної здатності пародинамічного контуру:

Потужність, що відводиться, Вт	465
Потужність, що відводиться без теплових втрат, Вт	445
Щільність теплового потоку в теплообміннику-випарнику, кВт/м ²	3,44
Щільність теплового потоку в осьовому напрямку контуру, кВт/м ²	$2,21 \cdot 10^3$

Таким чином, експериментально показано можливість відведення значних теплових потужностей на значні відстані (понад 10 м) за допомогою

розробленого пародинамічного контуру з теплоносіями, що низько киплять. Отримані результати осьових переносів тепла є безпрецедентно високими (вище 106 Вт/м^2) і можуть бути ще збільшені інтенсифікацією теплообміну (ребріблення) як з боку випарника (охладжувана зона) так і з боку конденсатора (зона відведення тепла).

4.1 Висновки за розділом

В розділі розроблено технологічні рішення для підвищення екологічної безпеки АЕС України. Однією з найнебезпечніших аварійних ситуацій, що призводять до запроектої аварії АЕС, особливо під час бойових дій на території країни, є повне тривале знеструмлення. У подібних аварійних умовах основним завданням систем безпеки є збереження цілісності активної зони реактора і ядерного палива, що відпрацювало, що знаходиться в приреакторному басейні витримки. Розробка нових проектів АЕС високого рівня безпеки вимагає розробки пасивних способів відведення тепла не тільки від активної зони та обладнання 1-го контуру, а й від басейнів витримки відпрацьованого ядерного палива до кінцевого поглинача (атмосферного повітря).

Основою технологічного рішення є реалізація пародинамічного відведення теплоти від атомного об'єкта, що захищається. В результаті досліджень експериментально показана можливість відведення значних теплових потужностей на значні відстані (понад 10 м) за допомогою розробленого пародинамічного контуру з теплоносіями, що низько киплять. Отримані результати осьових переносів тепла є безпрецедентно високими (вище 106 Вт/м^2) і можуть бути ще збільшені інтенсифікацією теплообміну (ребріблення) як з боку випарника (охладжувана зона) так і з боку конденсатора (зона відведення тепла).

5 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБІТІ З ДЖЕРЕЛАМИ ВИПРОМІНЮВАННЯ НА АЕС

До робіт в умовах радіаційної небезпеки та в зоні їх дії допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медогляд та не мають медичних протипоказань для роботи у зазначених умовах.

Персонал, який виконує роботи з джерелами іонізуючого випромінювання, у тому числі будь-які роботи в зоні контрольованого доступу АЕС, проходить обов'язкові попередні при вступі на роботу та періодичні медичні огляди з метою попередження професійних захворювань.

Персонал, який тимчасово залучається до роботи в таких умовах, проходить медичний огляд, навчання з освоєнням практичних прийомів безпечного виконання конкретних робіт та перевірку знань Правил радіаційної безпеки під час експлуатації АЕС.

Одноразове відвідування (екскурсії, огляд окремих приміщень тощо) зони контрольованого доступу особами, які не належать до групи А, допускається з дозволу директора або головного інженера АЕС у супроводі призначених осіб за встановленими маршрутами руху.

Персонал АЕС, а також персонал, який залучається до робіт із джерелами іонізуючого випромінювання, повинен:

- знати та виконувати вимоги в обсязі посадової інструкції, а для робітників – інструкції з радіаційної безпеки;
- прагнути до виконання своїх посадових обов'язків із отриманням найменших дозових навантажень;
- дбайливо ставитися до використовуваних засобів індивідуального та колективного радіаційного контролю (засоби контролю забруднення рук, тіла, одягу тощо);
- застосовувати запропоновані засоби індивідуального та колективного

захисту, у тому числі які знижують можливість внутрішнього опромінення (засоби індивідуального захисту органів дихання);

- виконувати всі вказівки працівників відділу (цеху, служби) радіаційної безпеки щодо забезпечення радіаційної безпеки при виконанні робіт;
- виконувати встановлені вимоги щодо попередження радіаційної аварії та правила поведінки у разі її виникнення;
- про всі несправності в роботі установок, приладів та апаратів, що є джерелом випромінювання, негайно повідомляти безпосереднього керівника та відділ, (цех, службу) радіаційної безпеки.

Командований персонал залучається до робіт у зоні контрольованого доступу лише за наявності позитивного медичного висновку, виданого відповідною лікувально-профілактичною організацією (установою).

Керівники сторонніх організацій при направленні працівників на АЕС для виконання робіт повинні забезпечити персонал медичним висновком про можливість допуску до робіт із джерелами іонізуючого випромінювання, відомостями про проходження перевірки знань з охорони праці та радіаційної безпеки, а також довідку про дозволену дозу опромінення на період роботи на АЕС .

Під час проведення робіт із джерелами іонізуючого випромінювання персонал зобов'язаний виконувати такі основні вимоги:

- виконувати вимоги щодо умов та часу проведення робіт з дозиметричних нарядів та розпоряджень;
- стежити за забрудненням робочих інструментів та своєчасно проводити їх дезактивацію;
- місце проведення робіт із розкриттям радіоактивного обладнання має бути обмежене видимим бар'єром, площа виділеної зони має бути мінімальною;
- вхід на територію, виділену для проведення ремонтних робіт із розкриттям обладнання, повинен здійснюватись через тимчасовий саншлюз. Не

допускається вихід за територію, де проводяться роботи у спецодязі, що має радіоактивне забруднення більш допустимих значень;

- перед початком ремонтних робіт (при необхідності) повинна бути проведена дезактивація устаткування, що ремонтується, приміщень;

- під час робіт на робочих місцях повинен перебувати лише персонал, присутність якого необхідна;

- інструменти, що використовуються при ремонтних роботах, повинні бути з особливим маркуванням і розміщуватися на спеціальних піддонах або в ящиках, виконаних з матеріалу, що легко дезактивується. Інструменти, забруднені під час ремонтних робіт, підлягають дезактивації. Використання цих інструментів під час ремонту незабрудненого обладнання має бути виключено;

- при вилученні будь-яких предметів з реактора, басейну витримки або інших місць для їх тимчасового зберігання повинні вживатися заходи, що унеможливають потрапляння радіоактивної води на поверхні приміщень та обладнання;

- при проведенні зварювальних робіт необхідно вживати заходів щодо запобігання інгаляційному надходженню радіоактивних аерозолів, зварювання дрібних деталей та обладнання повинно проводитись на спеціальних стендах, обладнаних місцевою витяжною вентиляцією;

- персонал, який бере участь у ремонтних роботах, повинен бути забезпечений оперативним дозиметричним контролем (по можливості електронним цифровим прямо показуючим і сигналізуючим дозиметром);

- виконувати вимоги плакатів та знаків безпеки;

- дотримуватися санітарно-пропускного режиму;

- дотримуватись заходів особистої гігієни:

- а) волосяний покрив голови має бути повністю закритий шапкою;

- б) при попаданні на відкриті місця тіла води, забрудненої радіоактивними речовинами, або рідини невідомого складу, слід промити забруднені ділянки

водою в саншлюзі та перевірити на установці радіаційного контролю;

в) курити у призначених для цього приміщеннях, попередньо обмивши руки і перевіривши їх на забруднення;

г) пити воду лише у призначених для цього місцях;

д) носити окуляри з оправою, що легко дезактивується;

- забороняється: приносити та приймати їжу, користуватися косметичними засобами, пити воду з кранів, користуватися різними ємностями для пиття, брати до рук випадкові предмети, входити до приміщень при спрацюванні в них сигналізації радіаційної небезпеки, зливати радіоактивні розчини в унітази та умивальники.

Весь персонал АЕС та прикомандовані особи, які працюють у зоні контрольованого доступу, повинні бути забезпечені основними та додатковими сертифікованими засобами індивідуального захисту та навчені правилам користування ними. При спрацюванні сигналізації радіаційної небезпеки в приміщеннях зони контрольованого доступу (включення світлової та звукової сигналізації) необхідно повідомити безпосереднього керівника і службу радіаційного контролю і діяти відповідно до їх вказівок.

При переміщенні забрудненого обладнання в межах зони контрольованого доступу необхідно укладати його в поліетиленову упаковку, що запобігає можливості радіоактивного забруднення приміщення, а при необхідності використовувати захисні контейнери. Транспортування забрудненого обладнання через приміщення постійного перебування персоналу та приміщення зони вільного режиму, а також його зберігання у цих приміщеннях не допускається. При роботах на устаткуванні, виведеному в ремонт, мають бути виконані такі технічні заходи:

- здійснено необхідні відключення (технологічні та електричні) та вжито заходів проти помилкової або мимовільної подачі середовищ з радіоактивними речовинами на місце виконання робіт та включення ремонтного обладнання;

- виявлено види радіаційного впливу на місці виконання робіт;
- організовано саншлюз;
- проведено дезактивацію обладнання;
- організовано тимчасові чи стаціонарні ремонтні зони;
- вжито заходів до локалізації, збирання та видалення відходів;
- вивішені знаки безпеки та плакати.

Усі вивантажені з активної зони реактора предмети (тепловиділяючі зборки, обладнання, деталі, прилади) повинні негайно розміщуватись у призначених для них проектом місцях з використанням необхідного захисту. Збирання та видалення рідких радіоактивних відходів, що утворюються в процесі експлуатації АЕС, повинні здійснюватися через систему спецканалізації або шляхом використання спеціальних контейнерів для рідких або твердих радіоактивних відходів. На АЕС має бути встановлений порядок збирання, зберігання, транспортування та поховання радіоактивних відходів відповідно до чинних правил та інструкцій. При необхідності провести огляд стану працюючого обладнання, розташованого в гермооб'ємі, порядок доступу персоналу в гермообсязі під час експлуатації енергоблоків визначається інструкцією, затвердженою директором та погодженою з місцевим органом медико-біологічного агентства.

Усі випадки порушення правил радіаційної безпеки, які спричинили незаплановане підвищене опромінення персоналу, повинні бути розслідувані відповідно до встановленого порядку та вжиті заходи, що запобігають повторенню подібних випадків. Особою, відповідальною за забезпечення радіаційної безпеки на АЕС, є директор АЕС. Відповідальність за організацію робіт із забезпечення радіаційної безпеки покладається на головного інженера АЕС. Керівники структурних підрозділів АЕС несуть відповідальність за забезпечення радіаційної безпеки у своїх підрозділах та на закріпленому обладнанні.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено оцінку сучасного стану атомної енергетики України. Атомна енергетика та атомна промисловість країни роблять вагомий внесок в економічну та енергетичну безпеку та екологічну стійкість України. За останні п'ять років частка виробництва атомної енергії в Україні перевищила 50%, а подекуди сягнула 65%. За часткою атомної енергетики в загальному виробництві електроенергії Україна посідає друге місце у світі.

Міжнародний досвід подовження терміну експлуатації енергоблоків АЕС наочно демонструє реалістичність продовження їх експлуатації до 60 років. За оцінками поточного стану ситуації в Україні зроблено висновки, що діяльність із продовження експлуатації енергоблоків АЕС України реалізується у правильному напрямку, відповідно до міжнародних норм.

Розглянуто будівництво Централізованого сховища для відпрацьованого ядерного палива в Україні. При будівництві даного проєкту використовується технологія Holtec, що має тривалий позитивний досвід застосування в різних країнах світу. Реалізація такого проєкту нарешті нівелює залежність України від РФ у питанні поводження з ядерним паливом, що відпрацьовало. Також в роботі розглянуто стан роботи атомних електростанцій на період повномасштабного вторгнення на територію України.

Розглянуто загальний радіаційний вплив атомних електростанцій на довкілля. Проведено аналіз захворювальності робочого персоналу на одному з підприємств атомної енергетики України. Перевищення показників захворюваності працівників досліджуваного району порівняно з аналогічними показниками в цілому відображає якість та повноту надання медико-профілактичної допомоги на режимному об'єкті атомної енергетики АЕС, що аналізується. Таким чином, основою підвищення якості надання медичної допомоги працюючим є вдосконалення організаційної роботи у первинній ланці

охорони здоров'я.

На основі досвіду державно-приватного партнерства в атомній енергетиці США в роботі розглянуто перспективу розвитку системи фінансування атомної енергетики в Україні. Аналізуючи перспективність перенесення американського досвіду ДПП до інших країн, важливим аспектом є чітка національна воля в розвитку атомної енергетики, імплементована лише на рівні конкретних законів. Неможливо створити 100% копію американської системи ДПП, яка сьогодні сама нагадує симбіоз з кількох національних моделей атомної енергетики. Комбінування різних із проаналізованих інструментів має адаптуватися під локальні умови, виходячи з потреб конкретного проекту АЕС.

Також в роботі розроблено технологічні рішення для підвищення екологічної безпеки АЕС України. Однією з найнебезпечніших аварійних ситуацій, що призводять до запроектої аварії АЕС, особливо під час бойових дій на території країни, є повне тривале знеструмлення. У подібних аварійних умовах основним завданням систем безпеки є збереження цілісності активної зони реактора і ядерного палива, що відпрацювало, що знаходиться в приреакторному басейні витримки. Розробка нових проектів АЕС високого рівня безпеки вимагає розробки пасивних способів відведення тепла не тільки від активної зони та обладнання 1-го контуру, а й від басейнів витримки відпрацьованого ядерного палива до кінцевого поглинача (атмосферного повітря). Основою технологічного рішення є реалізація пародинамічного відведення теплоти від атомного об'єкта, що захищається. В результаті досліджень експериментально показана можливість відведення значних теплових потужностей на значні відстані (понад 10 м) за допомогою розробленого пародинамічного контуру з теплоносіями, що низько киплять. Отримані результати осьових переносів тепла є високими (вище 106 Вт/м^2) і можуть бути ще збільшені інтенсифікацією теплообміну (ребріблення) як з боку випарника (охолоджувана зона) так і з боку конденсатора (зона відведення тепла).

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Б. Патон, ст. Бар'яхтар, О. Бакай, І. Неклюдов, Майбутнє атомної енергетики // ISSN 0372-6436. Вісн. НАН України, 2006, № 4. – С. 3-13.
2. Flynn Giles E. UDI Directory Electric Power Producers and Distributors. 123rd Edition of Electrical World Directory. Platts, 2015. 29 p.
3. Federal Loan Guarantees for Construction of Nuclear Power Plants, Congress of United States, Washington, 2011. 42 p.
4. Georgia Power Company 2015 Annual Report, 2016. 96 p.
5. Oglethorpe Power Company 2015 Form 10-K Annual Report, 2016. 134 p.
6. MEAG Power 2015 Annual Report, 2016. 70 p.
7. Southern Company 2015 Annual Report, 2016. 132 p.
8. Nuclear New Build: Insights in Financing and Project Management. Nuclear Energy Agency, 2015. 248 p.
9. Oglethorpe Power Company Form 8-K Current Report March 29, 2016, 2016. 41 p.
10. Vogtle Units 3 and 4 Thirteenth Semi-Annual Construction Monitoring Report. August 2015. No. 29849/Georgia Power, 2015. 35 p.
11. Будівництво робіт у прогресі: Ефективний фінансовий інструмент до низької вартості електроенергії // Державний енергетичний інститут White Paper. 2012. February 2012. p. 1–5.
12. Borenstein S., Bushnell J. The U.S.
13. «Правила безпеки при зберіганні та транспортуванні ядерного палива на об'єктах використання атомної енергії НП-061-05», затверджені Постановою Федеральної служби з екологічного, технологічного та атомного нагляду від 30 грудня 2005 р. № 23.
14. Піоро І.Л., Антоненко В.А., Піоро Л.С. Ефективні теплообмінники із двофазними термосифонами. Київ: Наукова думка, 1991.

15. Безродний М.К., Піоро І.Л., Костюк Т.О. Процеси перенесення у двофазних термосифонних системах. Теорія та практика. – 2-ге вид., доповнене та перероблене. Київ: Факт, 2005.
16. Васильєв Л.Л. Теплообмінники на теплих трубах. Мінськ: Наука та техніка, 1981.
17. Ева Ст, Асакавічюс І., Гайгаліс Б. Низькотемпературні теплові труби. Вільнюс: Мокслас, 1982.
18. Дан П., Рей Д. Теплові труби: Пров. з англ. М: Енергія, 1979.
19. Васильєв Л.Л., Кисельов В.Г., Матвєєв Ю.М., Молодкін Ф.Ф. Теплообмінники-утилізатори на теплових трубах/За ред. Л. І. Колихан. Мінськ: Наука та техніка, 1987.
20. Безродний М.К., Волков С.С., Мокляк В.Ф. Двофазні термосифони у промисловій теплотехніці. Київ: Вища школа, 1991.
21. Japikse D., Winter R.F. Single-phase transport processing the open thermosiphon // Int. J. Heat Mass Transfer. 1971. Vol. 14, No. 3. P. 427-441.
22. Подопрігора А.В., Свиріденко І.І., Шевельов Д.В. Пасивна система ремонтного розхолодження ВВЕР-1000 // Вісник СевНТУ. 2011. Вип. 119. С. 127-132.
23. Свиріденко І.І., Шевельов Д.В., Виборнов С.С. Розрахункова оцінка ефективності СПОП приреакторного басейну витримки ВЯП. Зб. Наукових праць СНУЮЄ та П. Севастополь. 2013 р. 58-66.
24. Federovich E.D., Poluzunov I.I. Technical issues wet and dry storage facilities for spent nuclear fuel / Safety elated issues of spent nuclear fuel storage. Springer, 2007. P. 189-208.
25. Vasiliev L.L., Vasiliev L.L. Jr. Чоловіки та thermosyphons для thermal management з надійним скопіюванням машин і ферм. In: Heat Pipes and Solid Sorption Transformation: Fundamentals and Practical Applications / Ed. by L.L.

- Васільєв, С. Кака. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. London - New York, 2013. P. 213-258.
26. Дьякович М. П., Гуськова Т. М. // Мед. праці та пром. екол. – 2010. – №10. - З. 6–10.
27. Косарєв В. В., Бабанов С. А. // Мед. праці та пром. екол. - 2011. - № 1. - З. 3–7.
28. Лінденбрaten А. Л., Ковальова В. В., Шавхалов Р. Н. // Пробл. соц. Гіг., здравоохр. та історії медицини. - 2009. - № 5. - З . 41–43.
29. Guidelines for Iodine Prophylaxis Following nuclear Accidents . Update 1999 . - Geneva: World Health organization, 1999 . (WHO/sDe/PHe/99.6).