

ПРИЧИНИ, ХРОНОЛОГІЯ АВАРІЇ НА АЕС «ФУКУСІМА-ДАЙІТІ»

Стаття присвячена комплексному аналізу причин та хронології техногенної катастрофи, що сталася 11 березня 2011 року на атомній електростанції «Фукусіма-дайїті» в Японії, яка стала наймасштабнішою радіаційною аварією після Чорнобильської катастрофи. У статті проаналізовано передумови виникнення надзвичайної ситуації, детально виявлено хронологію подій під час руйнівного землетрусу магнітудою 9,0 балів і супроводжуючого його цунамі, які спричинили аварію на АЕС. Особливу увагу приділено механізмам розвитку ядерної аварії, процесам розплавлення активних зон реакторів, викидам радіоактивних речовин та їх впливу на навколишнє середовище.

Ключові слова: АЕС, Фукусіма-дайїті, аварія, техногенна катастрофа, землетрус, цунамі, радіація.

**Roman Mashchenko
Inna Nikolina**

CAUSES, CHRONOLOGY OF THE ACCIDENT AT THE FUKUSHIMA DAIICHI NPP

The article is devoted to a comprehensive analysis of the man-made disaster that occurred on March 11, 2011 at the Fukushima Daiichi nuclear power plant in Japan, which became the largest radiation accident after the Chernobyl disaster. The article analyzes the prerequisites for the emergence of an emergency situation, reveals in detail the chronology of events during the destructive earthquake with a magnitude of 9.0 and the accompanying tsunami that caused the accident at the nuclear power plant. Particular attention is paid to the mechanisms of the development of a nuclear accident, the processes of melting the reactor cores, the release of radioactive substances and their impact on the environment.

Keywords: nuclear power plant, Fukushima Daiichi, accident, man-made disaster, earthquake, tsunami, radiation.

Аварія на АЕС «Фукусіма-дайїті» показала наскільки важко визначити слабкі місця в системах, які пов'язані зі складними взаємодіями між людьми, організаціями та технологіями. Світова практика доводить, що атомні реактори ще не є аварійно-стійкими в екстремальних ситуаціях, а у питанні безпеки АЕС залишається

достатньо нерозв'язаних запитань. Упродовж останніх років дослідники чираз більше звертаються до проблем аварій на Чорнобильській АЕС та АЕС «Фукусіма-дайїті». Зокрема, серед них варто згадати дослідження Кудряченко А. І. [1], Ніколіна І.І., Марек Р.А. [2], Драчук С. [3], Щербак Ю. М. [4] та інші.

Свого часу Чорнобильська катастрофа та її наслідки змусили багатьох пересічних громадян, експертів та політиків по-новому оцінити можливі ризики та небезпеки пов'язані з АЕС на певний період часу. На жаль, з часом чимало держав почали забувати уроки Чорнобиля, адже підвищення світових цін на нафту та газ, чергові переконання про те, що АЕС безпечні зумовили своєрідний «ядерний ренесанс» [1; 2]. Проте, у квітні 2003 р. сталася небезпечна аварія на другому енергоблоці атомної станції Пакш в Угорщин. З часів Чорнобиля це була найбільша катастрофа в Європі. А у середині 2006 р. сталася аварія на трансформаторній підстанції шведської АЕС у Форсмарку - раптове знеструмлення в результаті короткого замикання. [1, с. 53-54].

Чергова трагедія сталася 11 березня 2011 р. на японській атомній станції «Фукусіма-1». Призвели до неї, як вважають фахівці, природні чинники - потужний 9-бальний землетрус і цунамі, спричинене ним. Але істотне значення, як з'ясувалося під час аналізу катастрофи та її наслідків, мав і «людський чинник»: відсутність певних інструкцій з поведінки персоналу АЕС у суперекстремальних ситуаціях, непідготовленість до них, брак заходів безпеки тощо. До того ж, під час місії OSART (Operational Safety Review Team) у Японії, що має на меті підвищити експлуатаційну безпеку АЕС, поширюючи накопичений у світі досвід їх експлуатації, персонал АЕС майже нічого не міг сказати про Чорнобильську катастрофу. Японські фахівці вважали, що аварії такого масштабу їм не загрожують [1, с. 54-55].

Землетрус, що стався 11 березня 2011 р., викликав сейсмічні коливання ґрунту, які впливали на конструкції, системи та елементи станції. За ним була серія хвиль цунамі, одна з яких затопила майданчик. Амплітуда зареєстрованих коливань ґрунту та висота хвиль цунамі значно перевищили передбачувані масштаби небезпек, які були не враховані при початковому проектуванні станції. Декілька енергоблоків АЕС «Фукусіма-дайїті» зазнали впливу землетрусу та пов'язаних із ним хвиль. В цій початковій оцінці недостатньо враховувалися геотектонічні критерії та повторна оцінка з використанням таких критеріїв не проводилася. До цього землетрусу Японський жолоб класифікувався як зона, що не характеризується частими землетрусами, що відносяться до класу з магнітудою 8, тому 9-ти бальний землетрус під префектурою Фукусіма взагалі не враховувався. Проте за останні кілька десятиліть аналогічні чи ще з більшою магнітудою землетруси були

zareestrovani u riznikh rayonakh iz podobnimi tektonichnimi umovami [5, s. 120].

Деякі японські антиядерні організації гостро критикували електричні компанії, будівельників АЕС та уряд за ігнорування ймовірності великого землетрусу. Директор центру досліджень землетрусів та активних розломів Юкінобу Окамура заявив, що у 2009 р. він особисто попереджав компанію ТЕРСО про наслідки можливого сильного землетрусу і цунамі. Окамура посилався у своєму попередженні на дослідження легендарного землетрусу «Дзеган» 869 р., пам'ять про який передається в Японії від покоління до покоління. ТЕРСО не взяла до уваги ці попередження, вважаючи, що немає доказів суттєвих руйнувань після землетрусу 869 р., особливо в провінції Фукусіма [4].

Свідомо того, що сейсмічні коливання ґрунту, спричинені землетрусом 11 березня 2011 р., вплинули на основні функції забезпечення безпеки станції, не виявлено. Це пояснюється консервативним підходом до обліку землетрусів при проектуванні та будівництві АЕС у Японії, завдяки якому станція мала достатні запаси безпеки. Водночас початкові проєктні рішення не забезпечували аналогічних запасів безпеки на випадок екстремальних ситуацій, що призводять до затоплення зовнішніх відділень станції, таких як цунамі [5, с. 78].

Формально на момент початку аварії АЕС мала достатньо засобів для запобігання плавленню палива. Усі блоки були сейсмостійкі. Наявні кошти давали можливість за рахунок внутрішніх ресурсів забезпечити відведення тепла без зовнішнього підживлення водою не менше як на 8 годин, протягом якого можна підготувати реакторні установки до прийому води від заздалегідь передбаченого аварійного джерела. На всіх реакторах затримка в підживленні водою склала 5-6 годин при вкрай допустимій - не більше 2 - 2,5 години. Реакторні установки мали багатобар'єрні системи захисту, але вони не були взаємопов'язані з точки зору ліквідації реальної позаштатної аварії. Вибух у реакторному блоці №1, що вплинув на перебіг аварійних робіт, і вибухи на блоках №2-4 свідчать не лише про відсутність ефективних систем придушення аварійного водню, але також про недоліки систем вентиляції. Слід зазначити також про відсутність надійної технології роботи з опроміненим паливом всередині реактора після аварії із пошкодженням штатних підйомних механізмів. Відповідні пошкодження також свідомо виключали ручні операції при виконанні протиаварійних заходів [3].

Ситуація на «Фукусімі-1» продемонструвала неготовність японських операторів до позаштатних ситуацій. Інструкції на випадок аварії були відсутні. Керівництво компанії ТЕРСО, не оцінивши своєчасно масштаб катастрофи, і з метою збереження

авторитету компанії, намагалося самостійно розв'язати екстремальну проблему, що тільки збільшило масштаби лиха [3].

11 березня 2011 р. о 14:46 за японським поясным часом (JST), 07:46 UTC+2, у східного узбережжя Японії стався Великий східнояпонський землетрус. Він був викликаний раптовим викидом енергії на межі літосферного розлому плит, де Тихоокеанська тектонічна плита різко зрушила під Північноамериканську тектонічну плиту. Основний поштовх із магнітудою 9 балів тривав понад дві хвилини з кількома значними імпульсами. Це сейсмологічне явище можна віднести до найпотужніших зареєстрованих землетрусів, більшість з яких виникали в районах уздовж Тихоокеанської тектонічної плити [5, С. 123].

У момент землетрусу спрацював антисейсмічний захист реакторів, що відключив 1, 2 і 3 енергоблоки «Фукусіма-1» та відповідно турбогенератори. 4, 5 та 6 енергоблоки не працювали через проходження планового технічного обслуговування. Паливо з 4 реактора було вилучено в листопаді 2010 р. У день землетрусу блок №5 був завантажений паливом і проходив гідравлічні випробування на щільність, блок № 6 був завантажений паливом, ущільнений і охолоджений. Підземні поштовхи спровокували відключення атомної станції від японської електромережі, але автоматично підключилися всі 13 аварійних резервних дизельних генераторів, які продовжили охолодження. Оператор станції ТЕРСО - повідомила відповідних посадових осіб про подію на АЕС. Після фіксації землетрусу була задіяна система оповіщення про можливість появи цунамі. Про цунамі оголошувалося тричі: через 3, 28 та 44 хв. після землетрусу. Організація оповіщення була ускладнена численними руйнуваннями після землетрусу систем зв'язку та відсутністю їх електропостачання. О 15:27 перша хвиля цунамі вдарила по атомній електростанції. Вторинне, основне цунамі прибуло о 15:35. Рівень води на шкалі датчика становив 7,5 м. Загальна площа затоплення досягла 561 км кв. О 15:46 14-метрова хвиля цунамі перевищила загороджуючу дамбу, затопивши споруди АЕС «Фукусіма-1», вивела з ладу резервні дизельні генератори 1, 2-го та 3-го блоків та змила паливні баки. Були також затоплені всі системи водопостачання морською водою систем відведення тепла від обладнання АЕС. У перші години після повного знеструмлення о 15:37 11 березня персоналом станції було вжито заходів щодо відновлення роботи важливих приладів, освітлення блокових пунктів управління (БПУ) та організації подачі води в реактори і басейни зберігання палива. О 18:00 рівень води у першому реакторі знизився до вершин паливних стрижнів. О 19:03 прем'єр-міністр Наото Кан оголошує 4-й аварійний ядерний статус за міжнародною шкалою ядерних подій INES (аварія із локальними наслідками). О 21:23 уряд Японії дає розпорядження про евакуацію

людей у радіусі 3 км навколо АЕС «Фукусіма-1» і про необхідність залишатися в приміщеннях для мешканців 10-кілометрової зони [3].

О 05:14 12 березня триває зростання радіації на майданчику, що ускладнює проведення робіт. Керівництво ТЕРСО виявилось перед вибором: скинути тиск для зменшення загрози вибуху або чекати, коли розплавиться активна зона. В цей час водень потрапив у приміщення реакторного блоку №1 після продування, через вентиляційну трубу. Перша іскра призвела до вибуху гримучої суміші. Цього можна було уникнути, якби керівництво станції своєчасно ухвалило рішення про подачу в реактори морської води. Але морська вода робила реактори непридатними для подальшої експлуатації. Через інтереси комерції рішення про використання морської води на той момент було відкладено. О 05:30, незважаючи на високий ризик займання водню внаслідок реакції з киснем, приймається рішення скинути пару, щоб послабити тиск усередині реактора. У зв'язку із закачуванням прісної води в першому реакторі о 05:46 розвиток пошкодження корпусу реактора зупинився. О 06:50 ядро першого реактора розплавилось і впало на дно корпусу реактора (в той момент це було невідомо). Близько 15:36 стався вибух у верхній частині реакторної будівлі. Розрахунки показують, що в реакторі блоку № 1 могло виділитися близько 800 кг водню. Внаслідок вибуху дах та зовнішні стіни операційної зали у верхній частині будівлі реактора, а також дах будівлі переробки відходів були зруйновані. Радіоактивні речовини були викинуті під час вибуху в довкілля. 12 березня ТЕРСО визнала відмови систем розхолодження трьох із чотирьох блоків АЕС. 12 березня о 05:44 евакуацію оголошено з 10-кілометрової зони. О 15:30 оголошується евакуація жителів трикілометрової зони у радіусі станції «Фукусіма-2» (біля 30 тис. осіб), а о 18:25 - мешканців із 20-кілометрової зони навколо АЕС «Фукусіма-1» (евакуйовано близько 170 тис. осіб). О 15:36 відбувається потужний вибух водню у зовнішній оболонці першого блоку, що призводить до її руйнування. Поранено четверо робітників. О 21:40 зона евакуації навколо «Фукусіми-2» розширюється до радіусу 10 км. 13 березня оголошено про можливе часткове розплавлення 3 реактора. До 13:00 у 1 та 3 реакторах знижений тиск і заново заповнені водою та борною кислотою для охолодження та стримування ядерних реакцій [3].

14 березня близько 9 год біля узбережжя Хонсю відбувається новий сильний землетрус потужністю 6,2 бала. 14 березня об 11:01 стався вибух водню (за розрахунковою оцінкою близько 600 кг) у верхній частині будівлі 3 енергоблоку, поранено 11 людей. Реактор та його захисна оболонка не пошкоджено. Вибух зруйнував зал обслуговування реактора. Вибух компенсатора тиску 15 березня викликав ушкодження оболонки 2 блоку. У 4 енергоблоці спалахнула пожежа, що торкнулася відпрацьованих паливних

стрижнів. Рівень радіації на станції значно зріс. Зона в радіусі 30 км навколо станції стала закритою для польотів літаків. За деякими даними, на 15 березня були евакуйовані від 185 до 200 тис. осіб. 17 березня гелікоптери цивільної оборони чотири рази скидали воду на реактори 3 та 4 енергоблоків. У другій половині дня було оголошено, що 4 реактор заповнений водою і ні один із паливних стрижнів не залишається відкритим. Розпочато відновлювальні роботи зовнішнього електричного постачання всіх шести енергоблоків «Фукусімі-1». 18 березня токійський пожежний департамент направив тридцять пожежних машин із 139 пожежниками та командою рятувальників, включаючи пожежну вантажівку з 22-метровим водонапірним насосом для розпилення охолоджуючої води. 19 березня їх змінила команда із 100 токійських та 53 осакських пожежників. Вода розпилювалася впродовж 7 год, що дозволило знизити температуру на 3 блоці. Японська влада привласнила ситуації рівень «5».

28 березня радіоактивна субстанція з розплавлених паливних стрижнів 2 енергоблока потрапила у воду, що використовувалася для охолодження, яка просочилася у підвал будівлі, де розташовані турбіни 2 енергоблоку. Кількість води, що закачувалася у 2 енергоблок було зменшено із 16 до 7 т, що могло викликати підвищення температури реактора. 2 квітня виявлено, що через 20-сантиметрову тріщину в бетонному каналі для кабелю енергопостачання насосів, що з'єднує море та 2 енергоблок, забруднена вода з 2 енергоблоку зливається в море. 9 квітня Японія все ще боролась за зберігання води в реакторах для їх охолодження, щоб запобігти подальшому розплавленню ядерно-паливних елементів. 11 квітня перервано подачу охолоджуючої рідини в 1 та 3 енергоблоках через втрату енергопостачання внаслідок землетрусу. 12 квітня Японія офіційно підвищила рівень аварії до 7-го рівня за Міжнародною шкалою ядерних подій (аналогічно аварії на Чорнобильській АЕС). Заради справедливості, варто зауважити, що під час Чорнобильської аварії в атмосферу було викинуто в 10 разів більше радіоактивних нуклідів, ніж при аварії на «Фукусімі-1» до 12 квітня. Хоча загальна кількість радіоактивних матеріалів, що зберігаються на «Фукусімі-1», у 8 разів більше, ніж тих, що зберігалося у Чорнобилі [3].

Отже, розглядаючи причину аварії на АЕС «Фукусіма-дайїті», варто зазначати, що головну та першочергову роль відіграв саме «людський фактор», що проявився при безпосередній екстремальній ситуації у вигляді землетрусу та цунамі, які в даному випадку стали другорядними складовими, адже як показує розвиток подій з ліквідації катастрофи на АЕС, вона як і її персонал не були готові до такого роду обставин, хоча варто віддати належне

готовності уряду Японії та компанії ТЕРСО, вчасно забезпечити безпеку працівникам станції, а також всьому населенню навколо неї.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА:

1. Кудряченко А. І. Чорнобильська аварія і її вплив на перспективи атомної енергетики: міжнародні виміри // Ядерна безпека України в контексті світового досвіду: збірник наукових праць [електронне видання] / За заг. ред. д.і.н., проф., чл.-кор. НАН України Кудряченка А.І.; ДУ «Інститут всесвітньої історії НАН України». С. 44-60. URL: <https://elibrary.ivinas.gov.ua/4744/1/Chornobylska%20avariia%20i%20yii>.
2. Ніколіна І.І., Марек Р.А. Аварія на Чорнобильській АЕС: глобальні причини техногенної катастрофи // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Історія. 2022. Вип. 41. С.52-59. <https://doi.org/10.31652/2411-2143-2022-41-52-59>
3. Сергій Драчук. «Фукусіма-1»: Японія недооцінює, світ переоцінює? // Радіо Свобода. 08.04.2011. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/3550532.html>
4. Щербак Ю. М. Фукусіма - японська тінь Чорнобиля // Газета «День». 21.12.2012. URL: <https://day.kyiv.ua/uk/article/den-planeti/fukusima-yaponska-tin-chornobilya>
5. МАГАТЭ. Авария на АЭС «Фукусима-дайти». Доклад генерального директора. 2015. 264 с.