

УДК 613.648.4

ГІГІЄНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АВАРІЙ НА АТОМНИХ УСТАНОВКАХ У СВІТІ

В.Ф. Торбін, доктор медичних наук, професор, професор кафедри військової токсикології, радіології та медичного захисту Української військово-медичної академії

М.К. Хобзей, доктор медичних наук, доцент, професор кафедри організації медичного забезпечення Української військово-медичної академії

О.Є. Левченко, полковник медичної служби доктор медичних наук, професор, начальник кафедри військової токсикології, радіології та медичного захисту Української військово-медичної академії

Резюме. Представлені результати аналізу даних наукових джерел, щодо гігієнічної характеристики аварій на об'єктах пов'язаних із ядерними матеріалами.

Встановлено, що історія розвитку ядерної фізики та впровадження у практику її теоретичних напрацювань з самого початку супроводжувались серйозними інцидентами, пов'язаними із ядерними матеріалами. Зневага до гігієнічних норм радіаційної безпеки при експлуатації комплексу ядерних об'єктів під Киштиним (Росія) спричинила велику кількість тяжких радіаційних уражень серед місцевого населення. Робота промислових об'єктів з використанням ядерних матеріалів пов'язана із ризиком виникнення радіаційних інцидентів, наслідки яких можуть бути небезпечними (катастрофічними) для навколишнього середовища. Серед причин ядерних аварій, у більшості випадків, відмічались сполучення конструктивних недоліків ядерних установок та людського фактора.

Ключові слова: ядерні матеріали, гігієнічна характеристика ядерних аварій, екологічна безпека, навколишнє середовище, здоров'я людей, причини ядерних інцидентів.

Вступ. Перехід людства на ядерні технології у різних галузях народного господарства, включаючи перш за все виробництво електроенергії, зумовлений неухильним зростанням енергоспоживання у всіх сферах життя людини. Разом з тим, розвиток ядерних технологій породив нові проблеми, які пов'язані із забрудненням навколишнього середовища радіоактивними речовинами (радіонуклідами), особливо тоді коли на об'єктах ядерної індустрії виникають надзвичайні події (аварії).

Мета дослідження. Дати гігієнічну характеристику аваріям на об'єктах пов'язаних із ядерними матеріалами.

Матеріали та методи дослідження. Основними джерелами інформації були матеріали наукових джерел (статті у наукових виданнях, монографії тощо - 12) та нормативно правові акти державного та міжнародного рівня [1] за період від 1989 року і до тепер.

Результати дослідження та їх обговорення. Перша в історії людства ядерна аварія сталася у США у 1944 році у секретній лабораторії Oak Ridge National Laboratory, де під час експерименту відбувся вибух ядерних матеріалів. Два чоловіки загинули, троє отримали важкі поранення. Наслідків для оточуючого середовища, на щастя, не було.

У 1945 році учений, що працював в секретній лабораторії у Лос-Аламосі (США), під час експерименту випадково створив критичну масу плутонію. Учений встиг запобігти вибуху, але помер від променевої хвороби, отримавши дозу опромінення, що дорівнювала 800 рентгенам. Рік по тому там же відбувся аналогічний інцидент: цього разу некеровану ядерну реакцію випадково запустив канадський учений. Вибух удалося запобігти, однак учений незабаром помер від переопромінення. Радіоактивне зараження не вийшло за межі лабораторії.

Всього ж, за період з 1944 року до нашого часу, відбулося біля 150 серйозних інцидентів, пов'язаних із ядерними матеріалами. Найбільш небезпечними за цей період аваріями для людей та навколишнього середовища були наступні надзвичайні події.

У 1957 р. сталося часткове розплавлення активної зони реактору в Уіндскейлі (Великобританія), на військовому заводі, що виробляв плутоній. Внаслідок несправності контрольно-вимірювальної апаратури та помилкових дій обслуговуючого персоналу мало місце перегрівання активної зони реактора та руйнування оболонок твелів. При цьому в атмосферу було викинуто радіоактивних речовин сумарною активністю 21 кКі, в тому числі 20 кКі ^{131}I , 600 Кі ^{137}Cs та інші. Тоді довелося евакуювати населення з території близько 500 км². Від переопромінення у самому ядерному центрі загинуло 13 співробітників. Рівень радіації від шлейфу радіоактивного викиду становив 4 мР/год, що у 400 разів перевищувало природний фон. Втім, в Уіндскейлі був, в основному, витік ^{131}I , який досить швидко розпався, і евакуйовані повернулися у селища через півтора місяці.

Місто Челябінськ-40, так само як і хімічний комбінат "Маяк", були одним з первістків радянської атомної промисловості. Саме тут, на Південному Уралі, за сто кілометрів на північний захід від Челябінська, у горах біля міста Киштим, був побудований перший промисловий комплекс (промисловий ядерний реактор і радіохімічний завод "Маяк") - для вироблення збройового плутонію.

Як відомо, радянська атомна бомба створювалася за типом американської, тобто на плутонієвій основі. Тому організація виробництва плутонію у промислових масштабах для радянських атомників стала пріоритетним завданням. Так під Киштимом з'явився секретний об'єкт під літерою "А" - промисловий ядерний реактор. Там отримували збагачений уран. Будівництво реактора почалося у 1947 році, а на проектну потужність він повинен був вийти у червні 1948 р. Проте із-за технічних неполадок вже

працюючий реактор довелося в аварійному порядку зупинити і відкласти переможний рапорт до березня 1949 року. Тим часом будівництво комбінату продовжувалося. Поряд з об'єктом "А" був побудований об'єкт "Б" - радіохімічний завод, де з урану виділяли плутоній. І вже на третій стадії - на хіміко-металургійному заводі (об'єкт "В") було налагоджено виробництво високочистого металевого плутонію, а з нього - ядерних зарядів для вибухового пристрою. Поряд з комбінатом зростав свій Атомград - той самий Челябінськ-40 (надалі - Челябінськ-65), або Озерськ. Життя у місті і робота на комбінаті завжди були зв'язані з великим ризиком. Про екологічну безпеку мало хто тоді думав. Відходи ядерного виробництва скидалися в місцеву річку Течу, що перетворило на стічну канаву затишну і симпатичну Течу. За твердженням експертів, у 1949-1956 рр. у відкриту гідросистему Теча-Ісеть-Тобол, а далі до Іртиша, Обі і Північного Льодовитого океану із реактора "Маяк" було скинуто 76 мільйонів кубів слабоактивних стічних вод. Радіоактивне забруднення заплави річки і її дна на багато десятків кілометрів вниз за течією таке, що, як вважають фахівці, Теча без допомоги людини зможе стати відносно чистою не раніше, ніж через 300 років!

Але всі рекорди побило озеро Карачай. Лише у 1950-1951 рр. в нього було скинуто 75 кубометрів високоактивних стічних вод. Потім почався злив середньоактивних відходів. На думку головного фахівця ЄС з питань ядерної безпеки Дерека Тейлора, рівень радіації у озері Карачай вже у сто разів перевищує район Чорнобиля після катастрофи. Озеро стало мертвим.

А поруч жили ті, хто нічого не знав. Жителі розкиданих в окрузі сіл і городків. Вони поняття не мали про те, що виробляють на закритому об'єкті, і вже тим більше про те, що з березня 49-го до кінця 56-го року рідкі радіоактивні відходи безпосередньо скидалися у річку Теча. Лише з офіційних звітів "Маяк" площа забрудненої території, на той момент, складала 2 тисячі квадратних кілометрів. Із

зведення “Маякінфо”: “Закладені у проект технічні рішення із скидання рідких радіоактивних відходів у річку Теча були продиктовані стислими термінами створення атомної зброї у СРСР і відсутністю знань із поводження з радіоактивними відходами”. Країна дуже квапилася з ядерною бомбою.

Природно, що така зневага до гігієнічних норм радіаційної безпеки, спричинила велику кількість важких радіаційних захворювань серед сільського населення.

Наприклад, хронічна променева хвороба була діагностована у 940 жителів прибережних сіл, а внутрішньоутробно опромінених, таких, що народилися у 1950-1953 роках, коли спостерігалось найбільше скидання радіонуклідів у річку, налічується 1975 чоловік.

Проте те, що сталося 29 вересня 1957 року, стало справжньою катастрофою. «Киштимська трагедія» – так прийнято називати подію на комбінаті «Маяк». Цього дня у 16:20 сталася перша велика радіаційна катастрофа у світі. Всьому провиною був вибух емності з ядерними відходами. У результаті вибуху у повітря піднялося 80 т радіоактивної суміші, що утворила хмару, в якій переважав стронцій-90. Всього було викинуто близько 20 мільйонів кюрі радіоактивних речовин. Близько 90% радіації осіло прямо на території комбінату Маяк. Радіоактивні речовини були підняті вибухом на висоту 1-2 км. (за деякими даними до 5 км.) і утворили радіоактивну хмару, що складалася з рідких і твердих аерозолів. Південно-західний вітер, який дув того дня зі швидкістю близько 10 м/с, розніс аерозолі. Через 4 години після вибуху радіоактивна хмара пройшла дорогу у 100 км., а через 10-11 годин радіоактивний слід повністю оформився. Два мільйони кюрі, що осіли на землю, утворили забруднену територію, яка приблизно на 300-350 км. протягнулася у північно-східному напрямі від комбінату «Маяк». Кордон зони забруднення був проведений по ізоляції зі щільністю забруднення 0,1 Ки/км² і охопив територію, площею 23 тис. км². У зоні часткового радіаційного забруднення виявилися чотири області: Челябінська,

Свердловська, Курганська і Тюменська. Підвищеній радіаційній дії піддалися від 335 до 500 тисяч чоловік у 392 населених пунктах (217 з них потім припинили своє існування). Вже до кінця першої доби після трагедії жителі трьох найбільш забруднених сіл були негайно евакуйовані. З часом відбувалося “розмивання” цих кордонів за рахунок перенесення радіонуклідів вітром. Згодом ця територія отримала назву: «Східно-уральський радіоактивний слід» (СУРС), а головна, найбільш забруднена її частина, що займає 700 квадратних кілометрів, отримала статус східно-уральського державного заповідника. Максимальна довжина СУРСа склала 350 км. Радіація зовсім трохи не дійшла до одного з найбільших міст Сибіру - Тюмені. Ширіна сліду місцями досягала 30-50 км. У межах ізоляції 2 Ки/км² за ⁹⁰Sr виявилася територія площею більше 1000 км² - більше 100 км завдовжки і 8-9 км шириною. Слід хмари пересік 4 річки і 30 озер, внаслідок чого рівень радіоактивності водних джерел зріс у 10-100 тис. разів. У лічені дні на цій території загинули всі хвойні ліси. З господарського обороту, за найскромнішими підрахунками, було виведено 106 тисяч гектарів родючих земель.

Шляхами опромінення населення на забрудненій території у початковий період були зовнішнє опромінення від оточуючого середовища (в тому числі одягу), а також внутрішнє від вживання радіоактивно забруднених харчових продуктів і води та інгаляційного надходження радіонуклідів у момент формування сліду. Пізніше (через 0,5-1 рік) стало переважати внутрішнє опромінення від надходження радіонуклідів з їжею.

Для протирадіаційного захисту населення були проведені наступні заходи: евакуація населення, дезактивація сільськогосподарських угідь, контроль за рівнями забруднення сільськогосподарської продукції з вибраковкою тих продуктів, які забруднені вище допустимих рівнів, запровадження режиму обмеження у веденні сільського та лісового господарства.

Безпосередньо після аварії (протягом 7-10 діб) із найближчих населених пунктів було

евакуйовано 1150 чоловік, а у наступні 1,5 року - ще 10 тис.

Максимальні середні дози, які отримали постраждалі досягали 17 Бер за зовнішнім опроміненням та 52 Бер за ефективною дозою.

Які ж причини даної трагедії? До осені 1957 років вимірювальні прилади, які були запозичені у хімічної промисловості, прийшли у незадовільний стан. Із-за високої радіоактивності кабельних коридорів у сховищі їх ремонт вчасно не проводився.

У кінці вересня 1957 року на одній з «банок» сталася серйозна поломка у системі охолодження і одночасний збій у системі контролю. Працівники, які того дня здійснювали перевірку, виявили, що одна «банка» сильно розігрілася. Але вони не встигли повідомити про це керівництву. «Банка» вибухнула. Вибух був страшний і привів до того, що майже весь вміст ємності з відходами виявився викинутим у довкілля.

Сухою мовою звіту це описується так: «Порушення системи охолодження унаслідок корозії і виходу з ладу засобів контролю в одній з ємностей сховища радіоактивних відходів, об'ємом 300 кубічних метрів, зумовило само розігрів 70-80 тонн високоактивних відходів, що зберігалися там, переважно у формі нітратно-ацетатних з'єднань. Випар води, осушення залишку і розігрів його до температури 330-350 градусів привели до вибуху вмісту ємності. Потужність вибуху оцінена в 70-100 т. тринітротолуолу». Комплекс, в який входила ємність, що вибухнула, був заглибленою бетонною спорудою з вічками-каньйонами для 20 подібних ємностей. Вибух повністю зруйнував ємність із неіржавіючої сталі, що знаходилася у бетонному каньйоні на глибині 8,2 м. Зірвав і відкинув на 25 м бетонну плиту перекриття каньйону.

Тягар ліквідації катастрофи ліг на плечі солдатів і військових будівельників. Вони бульдозерами знімали верхній шар ґрунту, вручну відбивали штукатурку будівель, змиваючи радіоактивний пил вологими щітками. Але до ліквідації наслідків аварії залучалося також і місцеве населення,

включаючи вагітних і дітей. Лише через півтора роки комбінат знову зміг стати до ладу. Природно, всі радянські роки катастрофа була засекречена, аж до 1995 року. Її наслідки позначаються до цих пір, лише недавно людей остаточно відселили із зараженої зони. Керівництво хімкомбінату оцінює загальну чисельність опроміненого від двох аварій населення у 124 тисячі чоловік, у тому числі 28 тисяч - у «значимих» дозах.

Аварія на АЕС Трімейл-Айленд у штаті Пенсільванія, що сталася 28 березня 1979 р., стала найсерйознішим інцидентом у атомній енергетиці США. На АЕС «Три-Мейл Айленд» використовувалися водо-водяні реактори з двоконтурною системою охолодження. На станції експлуатувалися два енергоблоки, аварія сталася на блоці номер два. Події почали розвиватися з того, що 28 березня 1979 року приблизно у 4:00 відмовив насос у другому контурі системи охолодження. Автоматично включився резервний насос, проте він виявився відсічений від контура охолодження клапанами, які були помилково закриті під час перевірок, що проводилися незадовго до аварії. Оскільки відведення тепла від першого контура припинилося, в нім став зростати тиск і відкрився запобіжний клапан, що скидає пару в спеціальну ємність, де він конденсувався, а конденсат накопичувався. Після того, як тиск знизився, клапан повинен був закритися, але цього не сталося. На пульті оператора горіла лампочка, що показує, що клапан закритий, хоча, насправді, вона сигналізувала лише про те, що на клапан поданий сигнал на закриття. Жодного контролю реального стану клапана не було передбачено. Пара продовжувала виходити і рівень теплоносія у реакторі знижувався. Через дві хвилини після відмови насоса автоматично включилася аварійна система подачі води у перший контур. Ця система часто спрацьовувала помилково, тому її включення не викликало занепокоєння. Ще приблизно через дві з половиною хвилини оператор відключив аварійну подачу води. Прилади на пульті показували, що рівень води у реакторі підвищується. Насправді, датчик

рівня надавав неправильні свідчення із-за невдалої конструкції. Через 8 хвилин після початку розвитку аварійної ситуації оператор відмітив, що клапани резервного насоса у другому контурі закриті і відкрив їх. Другий контур тепер працював нормально, але з першого продовжувався витік теплоносія через відкритий запобіжний клапан. Через 1 годину 20 хвилин після початку подій у насоси першого контура стала потрапляти пара і в них почалася кавітація, потім вони відключилися. Приблизно через 2 години 15 хвилин рівень води знизився настільки, що верхня частина активної зони оголилася і почала плавитися. Крім того, внаслідок паро-цирконієвої реакції, почав утворюватися водень, який разом з парою виходив через запобіжний клапан і накопичувався під контейнером. Через 2 години 20 хвилин, оператор з нової зміни відмітив, що датчик на виході запобіжного клапана показує незвично високу температуру і закрив резервний запобіжний клапан. До цього часу витік склав більше 950 тис літрів. Частина радіоактивної води вилілася у приміщення станції, оскільки ємкість, в якій вона накопичувалася переповнилася. Через 2 години 30 хвилин датчики вперше зафіксували підвищення рівня радіації у приміщеннях станції. Приблизно через 7 годин, оператори включили подачу води у перший контур. Через 9 годин вибухнув водень, що накопичився під контейнментом. Це не викликало руйнувань і навіть не було відмічене операторами. Через 15 годин 50 хвилин були включені насоси у першому контурі і температура активної зони стала знижуватися. До цього часу приблизно третина палива розплавилася. Хоча ядерне паливо частково розплавилось, воно не пропало корпус реактора і радіоактивні речовини, в основному, залишилися усередині. Проте мав місце незначний витік в атмосферу радіоактивних газів.

За різними оцінками, радіоактивність благородних газів, викинутих в атмосферу склала від 2,5 до 13 мільйонів кюрі (480x10¹⁵ Бк), але викид небезпечних нуклідів, таких як ¹³¹I, був незначним. Територія станції також

була забруднена радіоактивною водою, що витекла з першого контура. Було вирішено, що в евакуації населення, що проживало поряд із станцією немає необхідності. Середня еквівалентна доза радіації для тих людей, що проживали у 16 км. зоні склала 8 мілібэр (80 мкЗв) і не перевищила 100 мілібэр (1 мЗв) для будь-якого з жителів. Для порівняння, вісім мілібер приблизно відповідають дозі, що отримується при флюорографії, а 100 мілібер дорівнюють одній третині від середньої дози, що отримується жителем США за рік за рахунок фонового випромінювання. Хоча негативних наслідків для здоров'я місцевих жителів із-за дії радіації не було, але аварія, що мала місце, викликала у багатьох американців стрес та інші розлади здоров'я, породила страх перед атомною енергетикою.

У результаті ретельного розслідування обставин аварії, було визнано, що оператори допустили ряд помилок, які серйозно погіршили ситуацію. Ці помилки були викликані тим, що вони були переобтяжені інформацією, частина якої не відносилася до ситуації, а частина була просто невірною. Після аварії були внесені зміни у систему підготовки операторів. Були також покращені пульти управління і інше устаткування станції. На всіх атомних станціях США були складені плани дій на випадок аварії, що передбачають швидке сповіщення жителів у 10-мильній зоні.

У 1970-х у 10 км від Чорнобиля була споруджена перша в Україні АЕС. Аварія на одному з реакторів цієї станції 26 квітня 1986 стала найбільшою катастрофою в історії ядерної енергетики. До часу аварії на ЧАЕС використовувалися чотири реактори РБМК-1000 (реактор великої потужності каналного типу) з електричною потужністю 1000 МВт (теплова потужність 3200 МВт) кожен. Ще два аналогічні реактори будувалися. ЧАЕС виробляла приблизно десяту долю електроенергії України.

На 25 квітня 1986 року була запланована зупинка 4-го енергоблоку Чорнобильської АЕС для чергового обслуговування. Було вирішено використати цю можливість для проведення

ряду випробувань. Мета одного з них полягала у перевірці проектного режиму, що передбачає використання інерції турбіни генератора (так зване «вибігання») для живлення систем реактора у разі втрати зовнішнього електроживлення.

Випробування повинні були проводитися на потужності 700 МВт, але із-за помилки оператора при зниженні потужності, вона впала до 30 МВт. Було вирішено не піднімати потужність до запланованих 700 МВт і обмежитися 200 МВт. При швидкому зниженні потужності, і подальшій роботі на рівні 30-200 МВт, стало посилюватися отруєння активної зони реактора ізотопом ксенону-135. Для того, щоб підняти потужність, з активної зони витягли частину регулюючих стержнів.

Після досягнення 200 МВт були включені додаткові насоси, які повинні були служити навантаженням для генераторів під час експерименту. Величина потоку води через активну зону на деякий час перевищила допустиме значення. В цей час для підтримки потужності операторам довелося ще сильніше підняти стержні. При цьому, оперативний запас реактивності виявився нижче дозволеної величини, але персонал реактора про це не знав.

У 1:23:04 почався експеримент. У цей момент жодних сигналів про несправності або про нестабільний стан реактора не було. Із-за зниження оборотів насосів, підключених до «вибігаючого» генератора і позитивного парового коефіцієнта реактивності реактор мав тенденцію до збільшення потужності (вводилася позитивна реактивність), проте система управління успішно цьому протидіяла. У 1:23:40 оператор натиснув кнопку аварійного захисту. Точна причина цієї дії оператора невідома. Існує думка, що це було зроблено у відповідь на швидке зростання потужності. Однак А.С. Дятлів (заступник головного інженера станції з експлуатації, що знаходився у момент аварії у приміщенні пульта управління 4-м енергоблоком) стверджує у своїй книзі, що це було передбачено раніше на інструктажі і зроблено у штатному (а не аварійному) режимі

для глушіння реактора разом з початком випробувань із вибігання турбіни, після того, як стержні автоматичного регулювання потужності підійшли до низу активної зони. Системи контролю реактора також не зафіксували зростання потужності аж до включення аварійного захисту.

Регулюючі і аварійні стержні почали рухатися вниз, занурюючись в активну зону реактора, але через декілька секунд теплова потужність реактора стрибком виросла до невідомо великої величини (потужність зашкалила у всіх вимірювальних приладах). Сталися два вибухи з інтервалом у декілька секунд, у результаті яких реактор був зруйнований.

Перед аварією у реакторі четвертого блоку знаходилося 180-190 т ядерного палива – діоксиду урану. За оцінками, які у даний час вважаються найбільш достовірними, у довкілля було викинуто 3-5 % від цієї кількості. Деякі дослідники заперечують ці дані, посилаючись на наявні фотографії і спостереження очевидців, які показують, що реактор практично порожній. Слідє, проте, враховувати, що об'єм 180 тонн діоксиду урану складає лише незначну частину від об'єму реактора. Реактор в основному був заповнений графітом; вважається, що він згорів у перші дні після аварії. Крім того, частина вмісту реактора розплавилася і перемістилася через розломи внизу корпусу реактора за його межі.

Основні викиди радіонуклідів з 4-го блока Чорнобильської станції продовжувалися десять днів з моменту вибуху 26 квітня. Викиди склалися з радіоактивних газів, аерозолів і частинок палива у великих кількостях. Загально прийнята на цей час оцінка викиду радіоактивних речовин становить близько 14 ЕксаБк (ЕБк) – понад 300 МКі (14x10 у 18 ступені Бк), зокрема, 1,8 ЕБк ^{131}I , 0,085 ЕБк ^{137}Cs , 0,01 ЕБк ^{90}Sr і 0,003 ЕБк радіоізотопів плутонію. На частку інертних газів припало близько 50% загальної активності викидів (^{133}Xe , ^{85}Kr), 8-11% радіойод (^{131}I , ^{132}I , ^{133}I), 1-2% цезій (^{137}Cs , ^{134}Cs), 0,2% стронцій (^{90}Sr , ^{89}Sr). Хімічно пасивні інертні гази швидко розсіялися

у атмосфері, не інкорпорує до організму людини, справили лише короточасний радіаційний вплив. Крім того була викинута значна кількість стабільних ізотопів токсичних елементів (Pb, Cr, Ba та інші).

Аерозольно-пилова радіоактивна хмара, яка утворилася внаслідок вибуху реактора, кілька разів облетіла земну кулю, залишивши “плями” радіоактивних випадінь різної інтенсивності у багатьох країнах світу.

В Україні більше 50 000 км² (біля 5%) території було забруднено радіоактивними речовинами, у тому числі 12 областей (Волинська, Вінницька, Житомирська, Івано-Франківська, Київська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Черкаська, Чернівецька, Чернігівська області), 86 (сьогодні - 74) адміністративних районів, 2293 населених пунктів, де загалом мешкало близько 2 млн. 600 тис жителів (сьогодні – 2,2 млн.). Забруднено радіонуклідами понад 7 млн. гектарів землі, серед яких 3 млн. га сільськогосподарських угідь та 2 млн. лісових масивів.

Значна частина радіонуклідів, викинутих під час аварії, мала короткий період напіврозпаду і тому незабаром, впродовж декількох місяців, розпалася. Спочатку після аварії найбільшу тривогу викликав викид радіоактивного йоду, що був основним дозоутворюючим фактором на ранньому етапі аварії. Але, через півтора місяці він розпався і протягом подальших років першорядне радіологічне значення мав і матиме ¹³⁷Cs, друге місце посідає ⁹⁰Sr. У більш довгостроковому плані (від сотень до тисяч років) збережуться ізотопи плутонію і америція-241, хоча їх вплив на радіологічний стан за межами 30-кілометрової зони незначний.

На цей час радіаційний аварійний фон порівняно із 1986 роком зменшився у сотні разів. Вжиті контрзаходи та процеси самоочищення природного середовища призвели до зменшення вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, в продукції сільського господарства. Оцінка активності радіонуклідів, викинутих у довкілля внаслідок Чорнобильської катастрофи на

момент аварії та 21 рік потому показала, що активність викиду, зменшилась відповідно з близько 13935,896 до 68,416 ПБк. А це, в свою чергу, зумовило зменшення доз зовнішнього та внутрішнього опромінення населення.

Які ж причини події? Існує принаймні два різні підходи до пояснення причини чорнобильської аварії, які можна назвати офіційними, а також декілька альтернативних версій різної міри достовірності. Спочатку провину за катастрофу поклали виключно, або майже виключно, на персонал. Таку позицію зайняли Державна комісія, сформована у СРСР для розслідування причин катастрофи, суд, а також КДБ СРСР, що проводив власне розслідування. МАГАТЕ у своєму звіті 1986 років також в цілому підтримало цю точку зору. Значна частина публікацій у радянських і російських ЗМІ, у тому числі і недавніх, заснована саме на цій версії.

Грубі порушення правил експлуатації АЕС, здійснені персоналом ЧАЕС, за цією версією, полягали у наступному: проведення експерименту «за будь-яку ціну», не дивлячись на зміну стану реактора; вивід з роботи справних технологічних захистів, які просто зупинили б реактор ще до того як він попав би у небезпечний режим; замовчання масштабу аварії в перші дні керівництвом ЧАЕС.

Проте у подальші роки пояснення причин аварії були переглянуті, у тому числі і МАГАТЕ. Консультативний комітет з питань ядерної безпеки (INSAG) у 1993 році опублікував новий звіт, що приділив велику увагу серйозним проблемам у конструкції реактора. У цьому звіті багато висновків, зроблених в 1986 році, було визнано невірними. У сучасному викладі, причини аварії наступні: реактор був неправильно спроектований і небезпечний; персонал не був поінформований про безпеку; персонал допустив ряд помилок і ненавмисно порушив існуючі інструкції, частково через відсутність інформації про безпеку реактора; відключення захистів або не вплинуло на розвиток аварії або не суперечило нормативним документам.

Висновки

1. Історія розвитку ядерної фізики та впровадження у практику її теоретичних напрацювань з самого початку супроводжувались серйозними інцидентами, пов'язаними із ядерними матеріалами.

2. Зневага до гігієнічних норм радіаційної безпеки при експлуатації комплексу ядерних об'єктів під Киштимом (Росія) спричинила

Література

1. Антонов В.П. Уроки Чернобыля: радиация, жизнь, здоровье.-К.: О-во «Знание» УССР, 1989. - 112 с.

2. Булдаков Л. А. Радиоактивные вещества и человек . -М. : Энергоатомиздат, 1990. – 158 с.

3. Губарев В.С. Ядерный след / В.С. Губарев, И. Камиока, И.К. Лаговский; Сост. Г.Малкин.– М.: Энергоатомиздат, 1990.– 104 с.

4. Куликов А.А. Экологические уроки прошлого и современности.- Л.: Наука, 1991. – 252 с.

5. «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи», Закон України від 27 лютого 1991 року № 791а-ХІІ.

6. Чернобыльская катастрофа / Ред. Барьяхтар В. Г.– К.: Наук. думка, 1995.– 560 с.

7. Войцехович О.В., Лаптев Г.В. Радиоактивное загрязнение территорий и водных объектов в ближней зоне влияния аварийного выброса // Радиоэкология водных объектов зоны

велику кількість тяжких радіаційних уражень серед місцевого населення.

3. Робота промислових об'єктів з використанням ядерних матеріалів пов'язана із ризиком виникнення радіаційних інцидентів, наслідки яких можуть бути небезпечними (катастрофічними) для навколишнього середовища.

4. Серед причин ядерних аварій, у більшості випадків, відмічалися сполучення конструктивних недоліків ядерних установок та людського фактора.

влияния аварии на Чернобыльской АЭС. Киев: Чернобыльинтеринформ, Т.1. – 1997. – С.40-59.

8. Лыч Г.М., Патева З.Г. Чернобыльская катастрофа: социально- экономические проблемы и пути их решения. Минск, 1999. - 296 с.

9. Медведев, Григорий Устинович. Ядерный загар : [повести] / Григорий Медведев. Ї Москва : ЗАО – МК-Периодика, 2002. - 512 с.

10. Військова токсикологія, радіологія та медичний захист: Підручник / За ред. Скалецького Ю.М., Мисули І.Р. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2003.

11. Grodzinsky D. M. Consequences of the Chernobyl Catastrophe as a Prototype of Nuclear Terrorism.– Defense and the Environment: Effective Scientific Communication (Eds. K. Mahutova et al. Kluwer Academic Publishers, 2004.– P. 119–137.

12. Карпан Н.В. Чернобыль. Месть мирного атома. – К., 2005. – 567 с.

13. Парфенов Сергей. Каскад замедленного действия / Урал, 2006, №8. – С. 25-32.

Науковий рецензент доктор медичних наук, професор Бадюк М.І.