

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет оперативно-рятувальних сил

Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології

Пояснювальна записка

**до кваліфікаційної роботи
за освітнім ступенем магістра**

на тему:

«Дослідження можливості застосування комплексу вимірювання об'ємних активностей ксенону для завдань моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій»

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи ЗМХТ-18
спеціальності 16 «Хімічна та біоінженерія»
спеціалізація – 161 «Хімічні технології та інженерія»

Романенко Владислав Сергійович

Керівник: Тарахно О.В.

Рецензент: Лісняк А.А.

Харків – 2020 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
Факультет оперативно-рятувальних сил
Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології

Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 16 «Хімічна та біоінженерія»
Спеціалізація – 161 «Хімічні технології та інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри СХтаХТ
полковник служби цивільного захисту
к.т.н., доцент

Олена ТАРАХНО

«_____» _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ
Романенку Владислав Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження можливості застосування комплексу вимірювання об'ємних активностей ксенону для завдань моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій

керівник роботи Тарахно Олена Віталіївна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом університету від “02” березня 2020 року №28

2. Строк подання студентом роботи “13” травня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи: Книги, статті, нормативно-технічні документи, звіти про науково-дослідну роботу, дисертації, техніко-економічні нормативи та норми, преїскуранти, реферати і рецензії, опубліковані у вигляді окремих документів, а також інформація наведена на WEB-saite INTERNET

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

1. Аналіз можливості дослідження радіоактивного ксенону в навколишньому середовищі для проведення моніторингу і прогнозування НС.

2. Аналіз можливостей вимірювання об'ємних активностей ізотопів ксенону, для проведення моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій.

3. Аналіз високочутливих апаратних комплексів здатних здійснювати моніторинг ксенону і прогнозувати НС на ядерних енергетичних об'єктах.

4. Охорона праці. етапи та порядок проведення пошуково-рятувальних робіт в умовах радіаційного зараження.

5. Висновки та пропозиції.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових слайдів)

1. Титульний лист

2. НС на радіаційно забруднених територіях

3. Ланцюжки розпаду і напрацювання ізотопів ксенону

4. Мета роботи

5. Шляхи впливу радіоактивних відходів АЕС на людину

6. Загальна схема міграції радіоактивних речовин у навколишньому середовищі

7. Фізико-хімічні властивості ксенону – 2 шт.

8. Джерела утворення радіоактивних ізотопів ксенону

9. Аналіз можливостей вимірювання об'ємних активностей ізотопів ксенону, для проведення моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій - -2 шт.

10. Пробовідбірна установка ARIX-3F, підготовлена до транспортування для відбору проб в польових умовах

11. Вимоги до технічних характеристик ксенонового обладнання

12. Структурна схема мережі моніторингу

13. Алгоритм прогнозування НС

14. Висновки та пропозиції.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 02.03.2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	08.03.2020	
2	Аналіз можливості дослідження радіоактивного ксенону в навколишньому середовищі для проведення моніторингу і прогнозування НС.	13.03.2020	
3	Аналіз можливостей вимірювання об'ємних активностей ізотопів ксенону, для проведення моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій.	20.03.2020	
4	Аналіз високочутливих апаратних комплексів здатних здійснювати моніторинг ксенону і прогнозувати НС на ядерних енергетичних об'єктах	30.03.2020	
5	Охорона праці, етапи та порядок проведення пошуково-рятувальних робіт в умовах радіаційного зараження	10.04.2020	
6	Висновки та пропозиції	20.04.2020	
7	Виконання графічної частини	13.05.2020	

Здобувач вищої освіти _____ Владислав РОМАНЕНКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Олена ТАРАХНО

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
РАДІОАКТИВНОГО КСЕНОНУ В НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ДЛЯ	
ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУВАННЯ НС	9
1.1 Викиди ядерних енергетичних об'єктів	9
1.2 Фізико-хімічні властивості ксенону	15
1.3. Радіоактивні ізотопи Хе, придатні для завдань моніторингу і	
прогнозування надзвичайних ситуацій.....	17
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМНИХ	
АКТИВНОСТЕЙ ІЗОТОПІВ КСЕНОНУ, ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ	
МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	25
2.1 Завдання, які вирішуються моніторингом ізотопів ксенону.....	25
2.2 Пропонована модель моніторингу ізотопів ксенону	31
2.3 Прогнозування надзвичайних ситуацій на ядерних енергетичних	
об'єктах за результатами вимірювань об'ємних концентрацій ізотопів	
ksenonu.....	36
Розділ 3. АНАЛІЗ ВИСОКОЧУТЛИВИХ АПАРАТНИХ КОМПЛЕКСІВ	
ЗДАТНИХ ЗДІЙСНЮВАТИ МОНІТОРИНГ КСЕНОНУ І ПРОГНОЗУВАТИ	
НС НА ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ.....	41
3.1 Комплекс ARSA (США).....	41
3.2 Комплекс SAUNA (Швеція).....	44
Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ. ЕТАПИ ТА ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ	
ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ РАДІАЦІЙНОГО	
ЗАРАЖЕННЯ.....	54
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	65
ДОДАТКИ	67

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01							
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата	Дослідження можливості застосування комплексу вимірювання об'ємних активностей ксенону для завдань моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій			Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розробив	Романенко В.С.							М	Р	Р	4	66
Перевірів	Тарахно О.В.							ЗМХТ-18				
Н. контр	Скородумова											
Затвердив	Тарахно О.В.											

ВСТУП

Актуальність проблеми. Моніторинг і прогнозування НС спрямовані на максимально можливе зменшення ризику виникнення НС, збереження життя і здоров'я людей, зниження розмірів шкоди довкіллю та матеріальних втрат у разі їх виникнення. Однією з умов ефективного прогнозування НС є інформаційне забезпечення зазначеної діяльності. Інформаційне забезпечення прогнозування НС передбачає наявність і функціонування автоматизованої інформаційно-керуючої системи, що представляє собою сукупність технічних систем, засобів зв'язку та оповіщення, автоматизації та інформаційних ресурсів, що забезпечує обмін даними, підготовку, збір, зберігання, обробку, аналіз і передачу інформації.

Дана робота присвячена моніторингу і прогнозування НС на ядерних енергетичних об'єктах (ЯЕО) за допомогою інформаційних ресурсів, які раніше не використовувалися для даного завдання, - об'ємної активності ізотопів ксенону, а також технічних засобам необхідним для їх визначення.

Утворення ізотопів ксенону в основному має техногенну природу і відбувається в результаті діяльності атомних електростанцій, радіохімічних підприємств з переробки ядерних відходів, дослідницьких реакторів і несанкціонованої ядерної діяльності.

Діагностувати аварійні і аварійні стани на ЯЕО з аналізу об'ємної активності ізотопів ксенону вельми зручно, так як ксенон є благородним газом і при звичайних умовах не вступає в хімічні реакції з іншими елементами і хімічними сполуками.

На рисунку 1 представлені ланцюжка розпаду і напрацювання ізотопів ксенону з масовими числами 131, 133 і 135, утвореними в результаті поділу U^{235} при його взаємодії з тепловими нейтронами. Для кожного ізотопу на схемі вказано знизу - період напіврозпаду, вище знаходиться вихід для кожного ізотопу в процентах, тобто ймовірність його утворення при кожному діленні атома U^{235} . Представлені ланцюжки розпаду з тим чи іншим виходом характерні для більшості матеріалів, що діляться, тобто справедливим є твердження: в результаті роботи ЯЕО внаслідок

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		5

ядерних реакцій практично завжди відбувається напрацювання значної кількості ізотопів ксенону, яке дозволяє виконувати їх кількісне визначення.

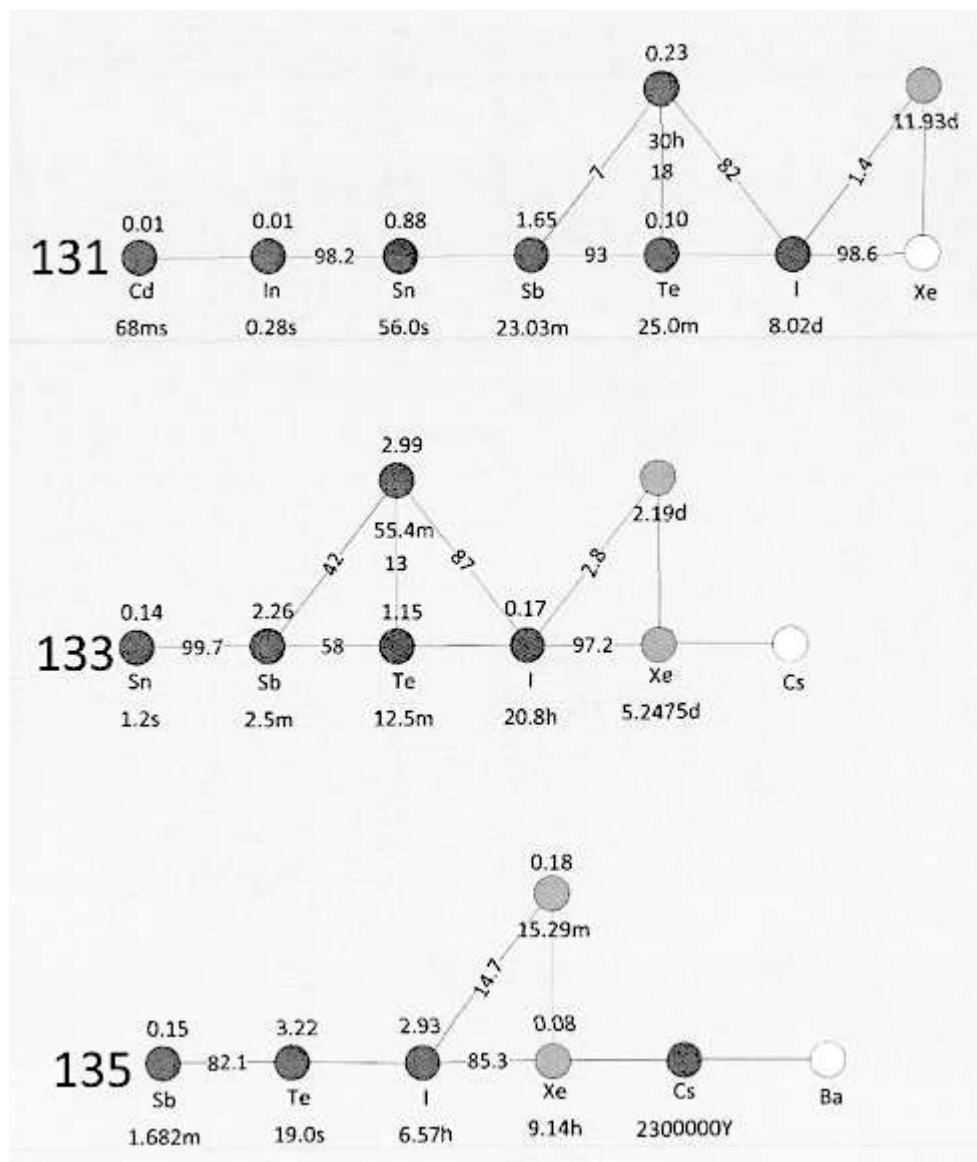


Рис. 1. Ланцюжки розпаду і напрацювання ізотопів ксенону

Незважаючи на всі вжиті заходи захисту, значна частина радіоактивних благородних газів (РБГ) потрапляє в навколишнє середовище і дозволяє проводити вимірювання об'ємних концентрацій ізотопів ксенону на значній відстані від точки інжекції.

На жаль, в даний час моніторинг ізотопів ксенону в Україні проводиться тільки для задач ДВЗЯВ.

Вимірювання ізотопів ксенону за контролем стану ядерних енергетичних об'єктів широко використовується в країнах західної Європи і Північній Америці. Для цих задач використовуються як прямі, так і непрямі методи. Наприклад у Німеччині протягом останніх 30 років РБГ - ксенон, криптон вимірюють в безперервному режимі.

У Канаді для контролю рівня викидів на комбінатах з виробництва ізотопів широко застосовується непрямий метод. На прилеглий території там встановлено поле сцинтиляційних детекторів, попередньо відкаліброваних з використанням високочутливого ксенонового обладнання.

Створена раніше апаратура радянського виробництва не задовольняла критеріям, які висуваються до автоматичних комплексів моніторингу ксенону в зв'язку з тим, що дані комплекси повинні бути здатні:

- здійснювати безперервний відбір проб повітря;
- функціонувати в автоматичному режимі;
- одночасно визначати об'ємні концентрації $\text{Xe}^{131\text{m}}$, Xe^{133} , $\text{Xe}^{133\text{m}}$, Xe^{135} . МДК по Xe^{133} повинна бути менше ніж 1мБк/м^3 ;
- не вимагати значного енергоспоживання, мати мінімальні масогабаритні характеристики і не вимагати значних інфраструктурних витрат для своєї роботи.

Таким чином, тема роботи, присвячена використанню комплексу вимірювання об'ємних активностей ксенону (ARIX-02) для завдань моніторингу і прогнозування НС на ЯЕО є актуальною.

Метою роботи є вимірювання об'ємної активності ізотопів ксенону для задач моніторингу та прогнозування НС на ЯЕО і розробка технічних засобів, необхідних для його проведення.

Задача роботи. На основі аналізу фізичних і технологічних процесів функціонування ЯЕО розробити модель моніторингу та прогнозування НС на них, здійснюючи вимірювання об'ємної активності ізотопів ксенону.

Об'єкт дослідження. Моніторинг і прогнозування як система спостереження на об'єктах ядерної енергетики, технічні засоби моніторингу.

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	7

Предмет дослідження. Аналіз закономірностей, які розкривають залежність між функціонуванням ЯЕО і викидом радіоактивних ізотопів ксенону в атмосферу. Технічні засоби моніторингу ізотопів ксенону.

					<i>НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01</i>	Лист
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІОАКТИВНОГО КСЕНОНУ В НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУВАННЯ НС

1.1 Викиди ядерних енергетичних об'єктів

Для всіх технологічних процесів на об'єктах ядерної енергетики характерною особливістю є присутність джерел радіаційного ризику, обумовленого викидами і скидами радіоактивності, які за певних умов можуть призводити до негативних впливів на людину і навколишнє середовище.

Радіоактивні викиди в атмосферу підрозділяються на два типи – газові та аерозольні. Рідкі радіоактивні скиди, що містять шкідливі домішки, бувають у вигляді розчинів або дрібнодисперсних сумішей. Можливі й проміжні ситуації, як при деяких аваріях, коли гаряча вода викидається в атмосферу і розділяється на пару і воду.

Викиди і скиди можуть бути як регламентними (постійними або періодичними), що знаходяться під контролем персоналу, так і аварійними (як правило, залповими). Включаючись у різноманітні рухи атмосфери, поверхневих і підземних потоків, радіоактивні та токсичні речовини поширюються в навколишньому середовищі, потрапляють у рослини, в організми тварин і людей. На рис. 1.1 показані повітряні, поверхневі та підземні шляхи міграції шкідливих речовин у навколишньому середовищі. Вторинні, менш значимі для нас шляхи, такі як вітрове перенесення пилу і випарів, на малюнку не показані.

Важливо відзначити, що радіоактивні речовини мігрують у навколишньому середовищі більшою чи меншою мірою незалежно від режиму їх надходження у навколишнє середовище – за нормальних умов експлуатації об'єктів атомної енергетики або при аварійних ситуаціях (рис. 1.2).

У процесі виробництва енергії з ядерного палива на практиці виділяється ряд стадій, об'єднаних у ЯПЦ.

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	9



Рис. 1.1. Шляхи впливу радіоактивних відходів АЕС на людину

В умовах нормальної експлуатації АЕС викиди радіонуклідів у зовнішнє середовище незначні й складаються в основному з радіонуклідів йоду та інертних радіоактивних газів (ІРГ): *ксенону (Xe)*, криптону (Kr). Максимальний внесок в очікувану ефективну дозу (80–90%) на всіх відстанях від АЕС роблять радіоактивні благородні гази *133Xe, 135Xe* за рахунок опромінення від хмари. Близько 5–15% дози населення отримує за рахунок харчування (радіонукліди *131I, 137Cs, 90Sr*) і біля 5% за рахунок опромінення від ґрунту (радіонукліди *131I, 137Cs, 90Sr*). Решта шляхів впливу і радіонукліди у формування дози роблять істотно менший внесок. Доза за рахунок нормальної експлуатації АЕС більш ніж на 4 порядки нижче дози від загального радіаційного фону і становить десяті частки мкЗв/рік.

Під час аварійних викидів у більшості випадків в гострий період протікання аварії основним дозоутворюючим радіонуклідом є радіоактивні ізотопи йоду. На невеликих відстанях від АЕС (кілька кілометрів) сумарна ефективна доза в основному формується за рахунок фотонного опромінення від поверхні ґрунту. Зі збільшенням відстані від джерела викиду внесок цього шляху у формування

сумарної дози зменшується. Зростає роль опромінення від хмари, основним дозоутворюючим нуклідом при цьому служить ^{133}Xe . З плином часу (після розпаду і розсіяння зазначених нуклідів) формування дози визначається радіонуклідами ^{137}Cs , ^{90}Sr . При аваріях з плавленням палива та руйнуванням локалізуючих систем значний внесок у забруднення навколишньої території і в дозові навантаження на населення можуть робити інші продукти поділу і трансуранові елементи. Довгий час вважалося, що найбільш важливим показником радіаційної небезпеки є загальний рівень зовнішнього опромінення. Насправді при експлуатації АЕС зовнішнє ураження організму (променева хвороба) виникає лише при аваріях та катастрофах. Разом з тим при звичайних умовах експлуатації станції відбувається щоденне надходження невеликих кількостей радіонуклідів, які здатні поступово накопичуватися в органах, тканинах живих організмів, а також у ґрунтах, водоймах та інших елементах навколишнього середовища, що відбувається в результаті геохімічної міграції радіоактивних речовин (див. рис. 1.2). При цьому концентрація довгоживучих радіонуклідів з плином часу може зростати в тисячі й навіть сотні тисяч разів. Це добре вивчене в екології явище отримало назву «біологічної акумуляції радіоактивності».

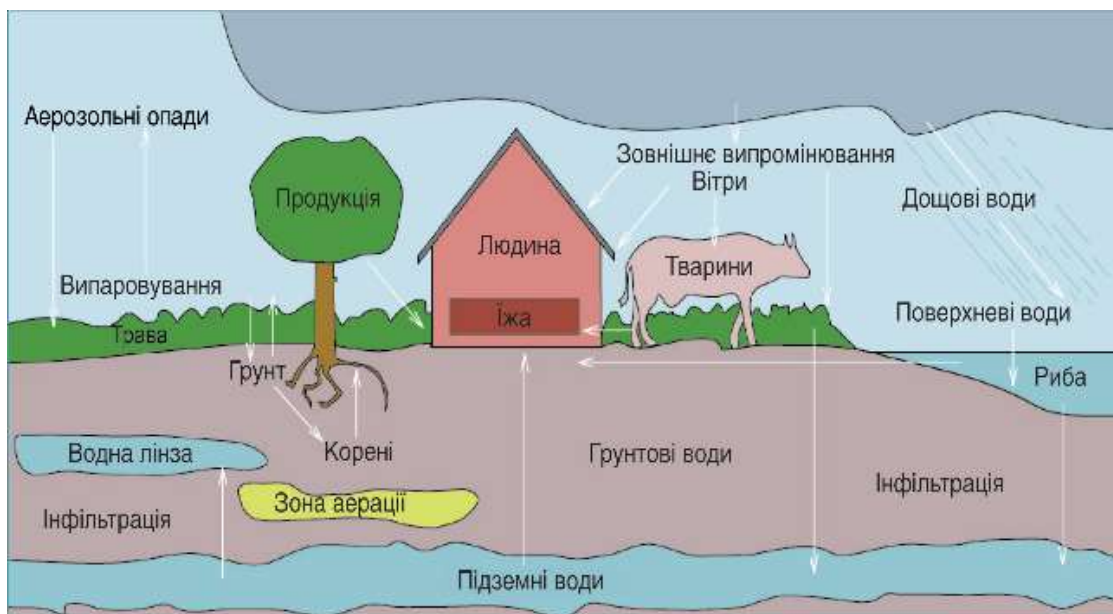


Рис. 1.2. Загальна схема міграції радіоактивних речовин у навколишньому середовищі

Додаткову складність щодо з'ясування ефекту біоаккумуляції додає те, що всередині організму радіонукліди розподілені зазвичай нерівномірно. Одні (наприклад тритій, рубідій-87, цезій-137) розподіляються більш-менш рівномірно, інші концентруються в певних органах (наприклад стронцій – в кістках).

Один з найпоширеніших у викидах АЕС радіонуклід ^{137}Cs дуже швидко мігрує у харчових ланцюгах і, потрапляючи в організм людини, затримується в м'язових клітинах, будучи причиною однієї з різновидів ракових захворювань – саркоми.

В останні десятиліття з'явилися дослідження, присвячені аналізу впливу на людину і навколишнє середовище тритію (Т), що утворюється в технологічних циклах АЕС. Особливу роль тритію в питаннях забезпечення радіаційної безпеки АЕС визначають наступні фактори:

- вміст Т в рідких скидах при нормальній роботі АЕС значно перевершує за абсолютним значенням вміст всіх інших нуклідів, а в газоподібних викидах в навколишнє середовище кількість Т поступається тільки кількості ІРГ;
- на відміну від хімічно інертних радіоактивних газів інкорпорований Т ефективно включається до складу біологічної тканини і є потенційним джерелом мутагенних порушень як за рахунок β -випромінювання середньої енергії (5,8 кеВ), так і за рахунок порушення молекулярних зв'язків, викликаних заміною ізотопу водню (H) нейтральним гелієм (He), що утворився в результаті розпаду Т;
- тритій має великий період напіврозпаду (12,4 років) і внаслідок цього є глобальним забруднювачем природних комплексів.

Завдяки хімічній еквівалентності звичайному водню тритій у формі надважкої води накопичується в технологічних водах АЕС й надходить з них у водойму-охолоджувач, а потім в довколишні водойми, підземні води, приземний шар атмосфери. Підвищені концентрації цього радіоізотопа зафіксовані в природних середовищах в зонах впливу багатьох АЕС (табл. 1.1).

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	12

За рахунок міграції забруднення тритієм ґрунтових вод відбувається при нормальній експлуатації всіх АЕС. Певний інтерес становлять дані про наявність тритію в зонах розташування радіоактивних відходів. Такі дослідження в останні роки проводилися, зокрема, в Росії та Україні.

У 2000–2005 рр. була проведена спеціальна оцінка вмісту тритію в зонах суворого режиму і районах розташування російських Благовіщенського, Нижньогородського, Мурманського, Свердловського та Челябінського спецкомбінатів «Радон».

Таблиця 1.1

Надходження тритію в навколишнє середовище з газоподібними та рідкими відходами АЕС, Кі МВт (ел.) рік

Тип реактора	Викид в атмосферу	Скид в гідросферу
ВВЭР	0,2–0,9 (7,4–33,3)*	0,9 (33,3)
РБМК	0,6 (22,2)	0,04 (1,48)
PWR	0,22 (8,14)	1,4 (5,18)
BWR	0,14 (5,18)	0,1 (3,7)

* Цифри в дужках – надходження тритію в ГБк/МВт (ел.)/рік.

Було встановлено, що контакт води з РАВ в ємності сховищ твердих радіоактивних відходів (ТРВ) призводить до утворення рідких тритієвих відходів. Тритій виходить за межі сховища ТРВ і виявляється у воді контрольних свердловин санітарно-захисної зони підприємств у кількостях, що перевищують не тільки фонові значення, але і рівень втручання, досягаючи в окремих випадках рівня тритієвих відходів.

Однак до цього часу це не призвело до забруднення тритієм поверхневих водойм та джерел питного водопостачання в п'ятикілометровій зоні розташування

спецкомбінатів. За даними моніторингу аналогічна ситуація простежується в районі розташування Київського спецкомбінату «Радон» в Україні.

Як впливає з наведених прикладів, сховища РАВ становлять потенційну небезпеку забруднення навколишнього середовища тритієм і потребують радіоекологічного моніторингу як в санітарно-захисній зоні, так і за її межами.

Безпечна робота АЕС може бути забезпечена при виконанні наступних вимог:

- дотримання принципу глибоко ешелонованої захисту, що забезпечує максимально можливе перехоплення та фіксацію радіоактивних продуктів на шляху їх можливого виходу в навколишнє середовище, що досягається системою організаційно-технічних заходів з радіаційної безпеки та швидкого реагування (системи контролю та моніторингу, спеціальні захисні бар'єри, системи і технології захисту бар'єрів і локалізації забруднень);

- створення і підтримка в робочому стані систем локалізації аварій, які включають в себе герметичні огороження – гермооболонки (спеціальні будівельні конструкції з необхідним набором локалізуючих елементів, що забезпечують прохід і транспорт вантажів і людей);

- наявність масивних будівельних конструкцій, які забезпечують надійний захист персоналу та населення від іонізуючого випромінювання;

- постійний контроль параметрів середовища в гермооболонці в процесі експлуатації (тиску, температури, активності);

- наявність спринклерної системи, яка розбризкує холодну воду всередині гермооболонки, конденсує пар, який утворюється при течах першого контуру і тим самим знижує тиск і температуру в оболонці (спринклерна система використовується також для організації зв'язування йоду, що міститься в парі та повітрі герметичних приміщень), інших систем зниження тиску і температури в захисній оболонці, системи відводу тепла від захисної оболонки (у ряді нових проєктів), системи боротьби з воднем, що утворюється в процесі аварії;

- удосконалення системи забезпечення радіаційної безпеки персоналу АЕС і населення (у тому числі контроль і моніторинг радіаційної обстановки).

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	14

Порівняльні розрахунки загального збитку здоров'ю населення від впливу ядерного і вугільного паливних циклів (ЯПЦ і ВПЦ), віднесені до потужності 1 ГВт, переконливо свідчать на користь атомної енергетики, а саме:

- число випадків передчасної смерті – 1 (ЯПЦ) і 300 (ВПЦ);
- загальне скорочення тривалості життя – 20 осіб на рік (ЯПЦ) і $1 \cdot 10^4$ (ВПЦ);
- загальні втрати працездатності – 10 осіб на рік (ЯПЦ) і $7 \cdot 10^3$ (ВПЦ).

У цих даних, що свідчать на користь безпеки ЯПЦ, ще не враховано можливі збитки здоров'ю від неракових захворювань, що викликаються неканцерогенними компонентами викидів ТЕС (оксидом кисню, азотом, ртуттю, свинцем, кадмієм та ін.) За статистичними порівняльними оцінками, проведеними в різних регіонах, відзначається, що смертність від захворювань, обумовлена впливом на організм викидів ТЕС, вище смертності від ракових захворювань, пов'язаних з витоком радіоактивних речовин на АЕС.

1.2 Фізико-хімічні властивості ксенону

Ксенон - елемент головної підгрупи восьмий групи, п'ятого періоду періодичної системи хімічних елементів Д.І. Менделєєва, з атомним номером 54. Даний елемент позначається символом Xe. Простим речовиною даного елемента є інертний одноатомний газ без кольору, смаку і запаху. Температура плавлення ксенону становить 161,3 К, температура кипіння 166,1 К.

Назва ксенон походить від грецького назви - чужий. Відкрито в 1898 англійськими дослідниками У.Рамзаєм і М.Траверсом, які піддали повільному випаровуванню рідке повітря і спектроскопічним методом досліджували його найбільш важколетючі фракції. Ксенон був виявлений як домішка до криптону, з чим пов'язана його назва. Ксенон - вельми рідкісний елемент. При нормальних умовах в земній атмосфері в 1000 м^3 повітря містять $87 \pm 1 \text{ см}^3$ ксенону.

Для ксенону відомі ізотопи з масовими числами від 110 до 147, і 12 ядерних ізомерів. З них стабільними є ізотопи з масовими числами 124, 126, 128, 129, 130,

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	15

131, 132, 134, 136. Решта ізотопів радіоактивні. Список всіх існуючих ізотопів ксенону представлений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Ізотопи ксенону

Ізотоп	Период Полураспада	Распространённость, %	Тип Распада
Xe ¹¹⁰	0.2 с		EC, α
Xe ¹¹¹	0.74±0.2 с		EC, α
Xe ¹¹²	2.7±0.8 с		EC, α
Xe ¹¹³	2.74±0.08 с		EC, α, p
Xe ¹¹⁴	10.0±0.4 с		EC
Xe ¹¹⁵	18±4 с		EC, p
Xe ¹¹⁶	59±2 с		EC
Xe ¹¹⁷	61±2 с		EC, p
Xe ¹¹⁸	3.8±0.9мин.		EC
Xe ¹¹⁹	5.8±0.3мин.		EC
Xe ¹²⁰	40±1мин.		EC
Xe ¹²¹	40.1±2.0мин.		EC
Xe ¹²²	20.1±0.1ч.		EC
Xe ¹²³	2.08±0.02ч.		EC
Xe ¹²⁴	>1.1E+17лет	0.0958±0.003	2EC
Xe ¹²⁵	16.9±0.2ч.		EC
Xe ^{125m}	56.9±0.9с.		IT
Xe ¹²⁶	стабильный	0.089±0.001	
Xe ¹²⁷	36.4±0.1дн.		EC
Xe ^{127m}	69.2±0.9с.		IT
Xe ¹²⁸	стабильный	1.910±0.022	
Xe ¹²⁹	стабильный.	26.40±0.18	
Xe ^{129m}	8.88±0.02 дн.		IT
Xe ¹³⁰	стабильный	4.071±0.053	
Xe ¹³¹	стабильный.	21.232±0.062	
Xe ^{131m}	11.934±0.021 дн.		IT
Xe ¹³²	стабильный	26.909±0.068	
Xe ¹³³	5.243±0.001 дн.		β-
Xe ^{133m}	2.19±0.01 дн.		IT
Xe ¹³⁴	стабильный.	10.436±0.029	
Xe ^{134m}	290±17 с.		IT
Xe ¹³⁵	9.14±0.02дн.		β-
Xe ^{135m}	15.29±0.05мин.		IT, β-
Xe ¹³⁶	>3.6E+20лет	8.857±0.033	2β-
Xe ¹³⁷	3.818±0.013мин.		β-
Xe ¹³⁸	14.08±0.08мин.		β-
Xe ¹³⁹	39.68±0.14 с		β-
Xe ¹⁴⁰	13.6±0.1 с		β-
Xe ¹⁴¹	1.73±0.01 с		β-, n
Xe ¹⁴²	1.22±0.02 с		β-, n
Xe ¹⁴³	0.30±0.03 с		β-
Xe ¹⁴⁴	1.15±0.20 с		β-
Xe ¹⁴⁵	0.9±0.3 с		β-, n
Xe ¹⁴⁷	>150 пс		β-, n

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Ксенон отримують як побічний продукт виробництва рідкого кисню на металургійних підприємствах. У промисловості ксенон отримують як побічний продукт поділу повітря на кисень і азот. Після такого поділу, який зазвичай проводиться методом ректифікації, рідкий кисень, що отримали, містить невеликі кількості криптону і ксенону. Подальша ректифікація збагачує рідкий кисень до змісту 0,1-0,2% криптон-ксенонової суміші, яка відділяється абсорбування на силікагель або дистиляцією. Наприкінці ксенону-криптоновий концентрат може бути розділений дистиляцією на криптон і ксенон. Через свою малу поширеність ксенон набагато дорожче більш легких інертних газів.

1.3. Радіоактивні ізотопи Хе, придатні для завдань моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій

Проаналізувавши періоди напіврозпаду ізотопів, представлених в таблиці 1.2 [1, 2] і видаливши зі списку ізотопи з коротким періодом напіврозпаду, можна зробити висновок про можливість проводити вимірювання тільки 8 з них. Четверо з них не утворюються в процесі розподілу ядерних матеріалів це: ^{122}Xe , ^{125}Xe , ^{127}Xe і $^{129\text{r}}\text{Xe}$. Таким чином, в список моніторингу ізотопів ксенону для задач моніторингу, прогнозування НС на ЯЕО і дотримання ДВЗЯВ можуть входити чотири ізотопи: $^{131\text{m}}\text{Xe}$, $^{133\text{m}}\text{Xe}$, ^{133}Xe і ^{131}Xe .

Основні енергії розпаду, інтенсивність і сумарний вихід в режимі β - γ збігів даних ізотопів представлені в таблиці 1.3. [4]. З даних, представлених в таблиці, видно, що всі чотири ізотопи ксенону можна вимірювати в режимі β - γ збігів, так як їх сумарний квантовий вихід досить високий, а фонова складова при роботі спектрометра в даному режимі в сотні разів менше, ніж вимір β або γ спектрів незалежно один від одного. Так як фон спектрометра в основному визначає МДА і МДК ізотопів, що цікавлять, а це ключовий параметр для систем моніторингу ізотопів ксенону, то для комплексу АRIХ-02 був використаний спектрометр, який працює за схемою β - γ збігів [4]. Більш детально пристрій і принцип роботи

					<i>Лист</i>
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	17

спектрометрів і алгоритм обробки спектрометричної інформації представлений далі.

Таблиця 1.3

Константи розпаду ^{131m}Xe , ^{133m}Xe , ^{133}Xe , ^{135}Xe

^{131m}Xe	
X - промені	29.46 keV---15.5%
	29.78 keV---28.9%
	33.61 keV---7.8%
	34.61 keV---1.85%
	(30.41 keV ---54.0%)
γ випромінення	163.9 keV---1.96%
Електрони конверсії	129 keV---60.7%
Режим β-γ збігу	30.4 keV X-ray + 129 keV e ⁻54.0%
^{133}Xe	
X- промені	30.62 keV---14.1%
	30.97 keV---26.0%
	34.97 keV---7.1%
	36.01 keV---1.74%
	(31.63 keV ---48.9%) ²
γ випромінення	79.61 keV---0.239%
	80.99 keV---37.0%
	(80.98 keV ---37.24%) ²
Електрони конверсії	45 keV---54.1%
Кінцева енергія неприривного β спектру	346 keV---100%
Режим β-γ збігу	31.63 keV X-ray + 45 keV e ⁻ + 346 keV β ... 48.9%
	80.98 keV Gamma ray + 346 keV β.....37.2%
^{133m}Xe	
X- промені	29.46 keV---16.2%
	29.78 keV---30.1%
	33.61 keV---8.1%
	34.61 keV---1.92%
	(30.40 keV---56.32%) ²
γ випромінення	233.2 keV---10.3%
Електрони конверсії	199 keV---63.1%
Режим β-γ збігу	30.40 keV X-ray + 199 keV e ⁻56.32%
^{135}Xe	
X-промені	30.62 keV---1.5%
	30.97 keV---2.77%
	34.97 keV---0.76%
	36.01 keV---0.185%
	(31.63 keV---5.22%) ²
γ випромінення	249.8 keV---90%
	608.2 keV---2.90%
Електрони конверсії	214 keV---5.7%
Кінцева енергія неприривного β спектру	910 keV---100%
Режим β-γ збігу	31.63 keV X-ray + 214 keV e ⁻ + 910 keV β.. ...5.7%
	249.8 keV Gamma ray + 910 keV β.....90%

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

1.4. Джерела утворення радіоактивних ізотопів ксенону

Основними джерелами, визначальними глобальний фон ізотопів ксенону в атмосфері, є:

- природні процеси;
- робота атомних електростанцій;
- підприємства з напрацювання ізотопів;
- дослідницькі реактори.

Нижче розглянуті ці джерела надходження РБГ в атмосферу.

Природні процеси

Існують два шляхи освіти Хе в природі. Перший - спонтанне ділення ^{238}U і ^{232}Th . Ще одне джерело утворення є реакція захоплення нейтронів Хе в верхніх шарах атмосфери.

Перше джерело поставляє незначна кількість радіоактивного Хе. Так за оцінкою фахівців в граніті міститься наступна кількість радіоактивного ксенону [6]:

- $\text{Xe}^{131\text{m}} = 3.4809 * 10^{-12} \text{ Бк / см}^3$;
- $\text{Xe}^{133} = 3.1025 * 10^{-9} \text{ Бк / см}^3$;
- $\text{Xe}^{133\text{т}} = 8.6871 * 10^{-11} \text{ Бк / см}^3$;
- $\text{Xe}^{135} = 2.8379 * 10^{-9} \text{ Бк / см}^3$.

Друге джерело утворення «космогенного» Хе вносить приблизно такий же внесок в їх концентрацію в атмосферному повітрі. Ці концентрації мізерно малі, тому ними можна знехтувати, оскільки вони не здатні вплинути на коливання фонових концентрацій.

Техногенні джерела ксенону

Атомні електростанції і дослідницькі реактори є одним з основних факторів, що визначають глобальний ксенонове фон. Джерелом даних представлених нижче є річний звіт про емісію ксенону, що представляється Європейськими Співтовариствами та США.

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		19

На підставі цих даних атомні електростанції і реактори викидають щорічно:

- $\text{Xe}^{131m} = 44\,000$ ГБК;

- $\text{Xe}^{133} = 740\,000$ ГБК;

- $\text{Xe}^{133m} = 16\,000$ ГБК;

- $\text{Xe}^{135} = 514\,000$ ГБК.

Можна відзначити, що підприємства з напрацювання ізотопів можуть значно перевершувати за викидами реактори. Так за розрахунками, один завод з виробництва ^{99}Mo може виділяти близько ШБК Xe^{133} в рік. На даний час в світі функціонує чотири подібних підприємства з виробництва ^{99}Mo .

На даний момент середній рівень фонові об'ємної активності Xe^{133} в Європі становить ~ 1 мБк/м³ (об'ємна фонові активність Xe^{131m} , Xe^{133m} , Xe^{135} значно менше).

1.5. Вимірювання і моніторинг ксенону в минулому

У даній розділі представлений огляд моніторингу РБГ, який проводився в недалекому минулому, від закінчення Другої світової війни до початку створення МСМ в рамках ДВЗЯВ [7].

Друга світова війна

Перші згадки про вимірі ізотопів ксенону датуються восени 1944 року в кінці Другої світової війни і два роки після першого успішного тестування ядерного реактора в грудні 1942 року. Літак Дуглас А-26 військово-повітряних сил США здійснив політ над Німеччиною на невеликій висоті і зробив відбір проб повітря. Проби були відібрані з метою виявлення радіоактивних ізотопів ксенону, для підтвердження функціонування ядерних реакторів на території Німеччини і проведення нею робіт за програмами створення ядерного зброї.

Дана процедура була реалізована за допомогою спеціального розвідувального модуля, створеного в рамках Манхеттенського проекту. Для відбору проб повітря з метою подальшого вимірювання в ньому ксенону використовувалися спеціальні

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

трубки, заповнені великою кількістю вугілля, розміщені літаках. Після закінчення відбору проб вимір Xe^{133} проводилася в спеціальній лабораторії. Дана методика була розроблена майбутнім Нобелівським лауреатом - Луїсом Альваресом. В рамках даного проекту радіоактивний ксенон не був виявлений, так як в той момент в Німеччині не було діючих реакторів і ядерного зброї.

Вимірювання, проведені в Німеччині

У 60-х роках минулого століття перші дані про вимірювання радіо ксенону в Німеччині були опубліковані Гейдельберзьким університетом. Метою даної програми було вимірювання Kr^{85} і Xe^{133} , що утворюються в результаті проведення ядерних вибухів в атмосфері. У 1963 році були опубліковані перші результати даної компанії, де були представлені результати, пов'язані з проведенням Радянським Союзом атмосферних ядерних вибухів восени 1961 року. Також було висловлено припущення, що десятиденна повітряна проба з сумарною об'ємною активністю близько 10 мБк/м^3 , відібрана на початку червня 1965 року народження, підтверджує другий китайський ядерний вибух, який був проведений трьома тижнями раніше (вибух потужністю 35 кТ був проведений 14 травня 1965 на висоті 500 м від поверхні Землі). В кінці 1964 - початку 1965 року було зафіксовано кілька проб з об'ємною активністю Xe^{133} близько 5 мБк/м^3 , дані перевищення імовірно були пов'язані з викидами з європейських реакторів.

На початку 70-х років минулого століття німецький інститут атмосферної радіоактивності (BfS) почав постійно проводити вимірювання об'ємної активності Kr^{85} і Xe^{133} в м. Фрайбург, Німеччина. В даний час об'ємну концентрацію Xe^{133} на території Німеччини вимірюють на семи станціях в безперервному режимі відбору проб. Дані роботи в ФРН виконуються в рамках національної програми з моніторингу атмосферного радіоактивності – «Інтегрований моніторинг та інформаційна система». В рамках даної програми проводяться також вимірювання повітряних проб, отриманих в різних регіонах земної кулі, наприклад, в Метеорологічному Дослідницькому Інституті, Тцукуба, Японія.

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

Попередньо збагачені проби, відібрані на станціях, відсилаються в алюмінієвих посудинах об'ємом 1 л в центральну лабораторію моніторингу благородних газів VfS, розташовану в м. Фрайбург, з метою проведення подальшого аналізу. Тривалість відбору проб на станціях моніторингу в стандартному режимі складає сім днів. Обсяг відібраного повітря в кожній пробі приблизно становить 10 м^3 . Після подальшого збагачення проби, проведеної в лабораторії, проба вимірюється в пропорційному бета лічильнику (в якості додаткової газової добавки використовується метан). За допомогою інтегрального методу вимірюється загальна активність всіх ізотопів ксенону, а їх поділ здійснюється з урахуванням різниці в їх часу напіврозпаду для кожного ізотопу.

Крім Xe^{133} , найбільш часто в пробах атмосферного повітря в розмірі, що не перевищує кількох відсотків, реєструється $\text{Xe}^{133\text{m}}$ і Xe^{135} . МДК по Xe^{133} для атмосферних проб становить близько 1 мБк/м^3 . На рис. 1.3 представлена тривала тимчасова серія вимірювання об'ємної активності Xe^{133} в регіоні м Фрайбург.

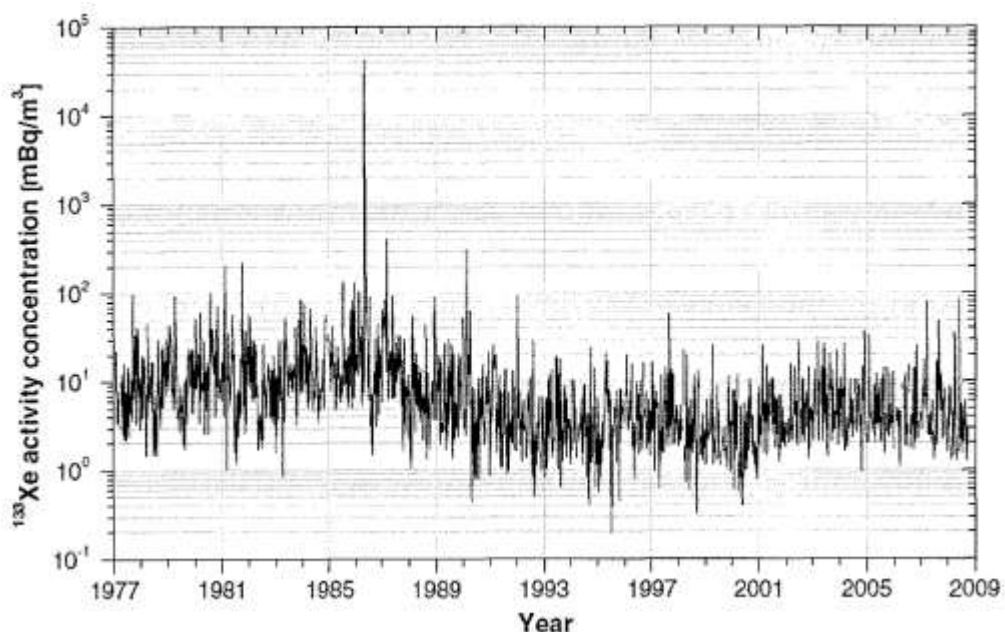


Рис. 1.1 Результати вимірювання ОА Xe^{133} в регіоні м. Фрайбург

Протягом останніх років середня об'ємна концентрація Xe^{133} за результатами вимірювання тижневих проб склала 6 мБк/м^3 з великими варіаціями лежать в

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	22

діапазоні від 1 до 100 мБк/м³. Максимальна об'ємна концентрація Хе¹³³ була зафіксована в денній пробі 1 травня 1986 року і склала 106 Бк/м³. Дане перевищення було пов'язано з аварією на Чорнобильській атомній станції.

З 1987 по 1995 рік об'ємна концентрація Хе¹³³ зменшилася більш ніж в 20 разів. Дана тенденція цілком узгоджується з даними по зменшенню викидів з ядерних електростанцій в Німеччині і пов'язане з додатковою герметизацією паливних стрижнів і систем реактора, а також зі збільшенням часу затримки до викиду благородних газів в атмосферу.

Вимірювання ксенону, що проводяться в Швеції

Система для пробовідбору і аналізу невеликої кількості атмосферного повітря з метою визначення змісту радіоактивного ксенону в ньому була розроблена в 80-х роках в Шведському Дослідницькому Агентстві Захисту (FOI). Дана система була попередником системи SAUNAn виробляла адсорбцію Хе на вугільних пастках при температурі -80°C і використовувала гамма спектрометрії високої роздільної здатності для вимірювання проби. Під час розробки системи і її дослідної експлуатації проби повітря з тривалістю пробовідбору 2-3 дня відбиралися в Стокгольмі і на сателітній станції в м. Льюнгбюхед (південь Швеції). Спочатку система мала поріг детектування – 1,8 мБк/м³, який пізніше був зменшений в три рази шляхом більш кращого очищення спектрометричного препарату від Rn²²². Середня об'ємна активність Хе¹³³ в той час становила 8,6 мБк/м³ в Стокгольмі і 22,6 мБк/м³ на сателітній станції. Під час моніторингу періодично реєструвалися досить таки значні перевищення до 250 мБк/м³. Причина такої високої об'ємної концентрації ізоотопів ксенону було його значне виділення з окропу реактора, що знаходиться в Гетенбурзі, розташованого на відстані 420 км на південний схід від Стокгольма і 150 км на північ від Льюнгбюхеда. В результаті подальшої перевірки реактора влітку 1981 більш ніж у 26 паливних збірках були знайдені тріщини, які після їх виявлення були замінені. У 1982 році рівень радіоактивного ксенона опустився нижче межі детектування. В кінці 1980 року в Стокгольмі була виміряна проба з об'ємною активністю близько 100 мБк/м³. В даний момент значні викиди з

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

шведських реакторів були відсутні і цю пробу співвіднесли з останнім атмосферним ядерним вибухом проведеним в Китаї двома тижнями раніше (Лобнор, Китай, 16 Жовтня 1980 р., передбачувана потужність вибуху від 150 до 1500 Кт).

Шведська ксенонова система була законсервована в період з 1983 - 1989 рік, але з жовтня 1990 до 1998 року серія вимірювань було проведено. Проби відбиралися у Стокгольмі, в Льюнгбюхеде на півдні Швеції і в Кіруні на Півночі. Проби зі станцій на півночі і на півдні Швеції відбиралися в пластикові пакети і потім відправлялися в Стокгольм для подальшої переробки та вимірювання. У жовтні 1990 року пік з об'ємною активністю ксенону, рівний 24 мБк/м³ був зареєстрований в Стокгольмі. Після проведення детальної трасування повітряних мас було висунуто припущення, що зареєстроване перевищення пов'язане з останнім ядерним вибухом, проведеним СРСР 24 жовтня 1990 на архіпелазі Нова Земля, приблизно 2100 км від на північний схід від Стокгольма.

Протягом цього періоду повільно знижуються тренд із середнім значенням 3 мБк/м³ в Стокгольмі, 0,7 мБк/м³ в Кіруні і 0,8 мБк/м³ в Льюнгбюхеде був зареєстрований. В кінці березня 1992 р пік з активністю 24 мБк/м³ був зареєстрований в Стокгольмі. Причина такого перевищення була пов'язана з аварією на ядерній електростанції Сосновий Бор, розташованої 100 км на захід від Санкт-Петербурга і 600 км на схід від Стокгольма.

Висновки

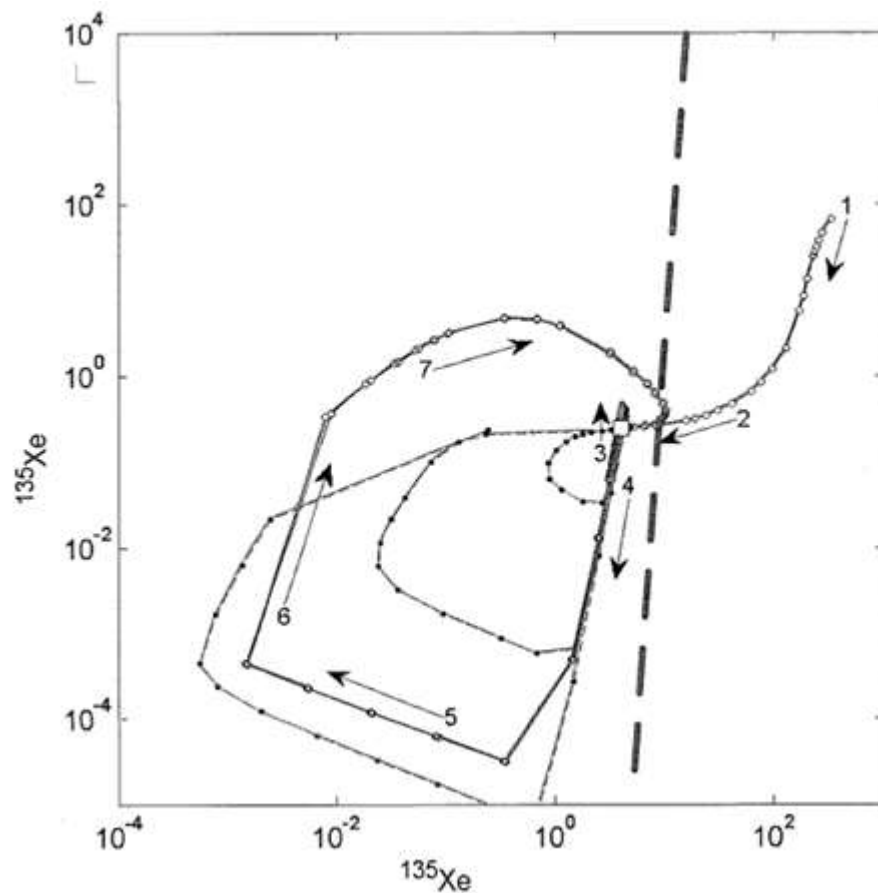
1. Визначено список радіоактивних ізотопів ксенону, моніторинг ОА яких дозволяє прогнозувати НС на ЯЕО.
2. Зроблено аналіз джерел, що визначають глобальний ксеноновий фон.
3. Наведено історичний огляд моніторингу ПК.

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМНИХ АКТИВНОСТЕЙ ІЗОТОПІВ КСЕНОНУ, ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

2.1 Завдання, які вирішуються моніторингом ізоотопів ксенону

На рис 2.1 представлений графік залежності кількості утворення ядер від їх маси в результаті поділу U^{238} при його взаємодії з тепловими нейтронами. Дивлячись на графік видно, що його максимуми припадають на ядра з атомними масами рівними 90 і 140 відповідно. В регіоні представлених максимумів два шляхетних газу криптон і ксенон мають свої ізоотопи. На підставі аналізу графіків, представлених на рис. 1 і 2.1 стає очевидним, що в результаті діяльності ЯЕО утворюється значна кількість ізоотопів ксенону, які є важливим інформаційним фактором їх функціонування.



Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Рис. 2.1 Залежність утворення ядер від їх маси (теплове розподіл U)

За співвідношенням об'ємної активності ізотопів ксенону ($\text{Xe}^{131\text{m}}$, $\text{Xe}^{133\text{m}}$, Xe^{133} , Xe^{135}) можна діагностувати режими роботи реакторів. На графіку (рис. 2.2) показаний річний цикл освіти ізотопів ксенону в реакторі типу ВВЕР (паливо 3,2% збагачений U^{235}). При нормальній роботі, запущеного реактора співвідношення ізотопів відповідає точці рівноваги (мітка 2, графіка). Якщо відношення знаходиться праворуч від лінії розділу, то це може свідчити про неконтрольовану ланцюгову реакцію. На представленому рис. видно, що в даному домені реактор знаходиться тільки під час запуску зі свіжим паливом (ділянка кривої 1). Короткочасне збільшення Xe^{135} спостерігається після зупинки реактора (ділянка кривої 3). Ділянка кривої 4 пов'язаний з радіоактивним розпадом після зупинки реактора, для проведення його планової перевірки. Ділянка кривої співвідноситься з плановою перевіркою реактора і низьким нейтронним пучком під час її проведення. Ділянки 6 і 7 є запуск реактора на повну потужність і досягнення точки рівноваги відповідно.

						Лист
						26
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	

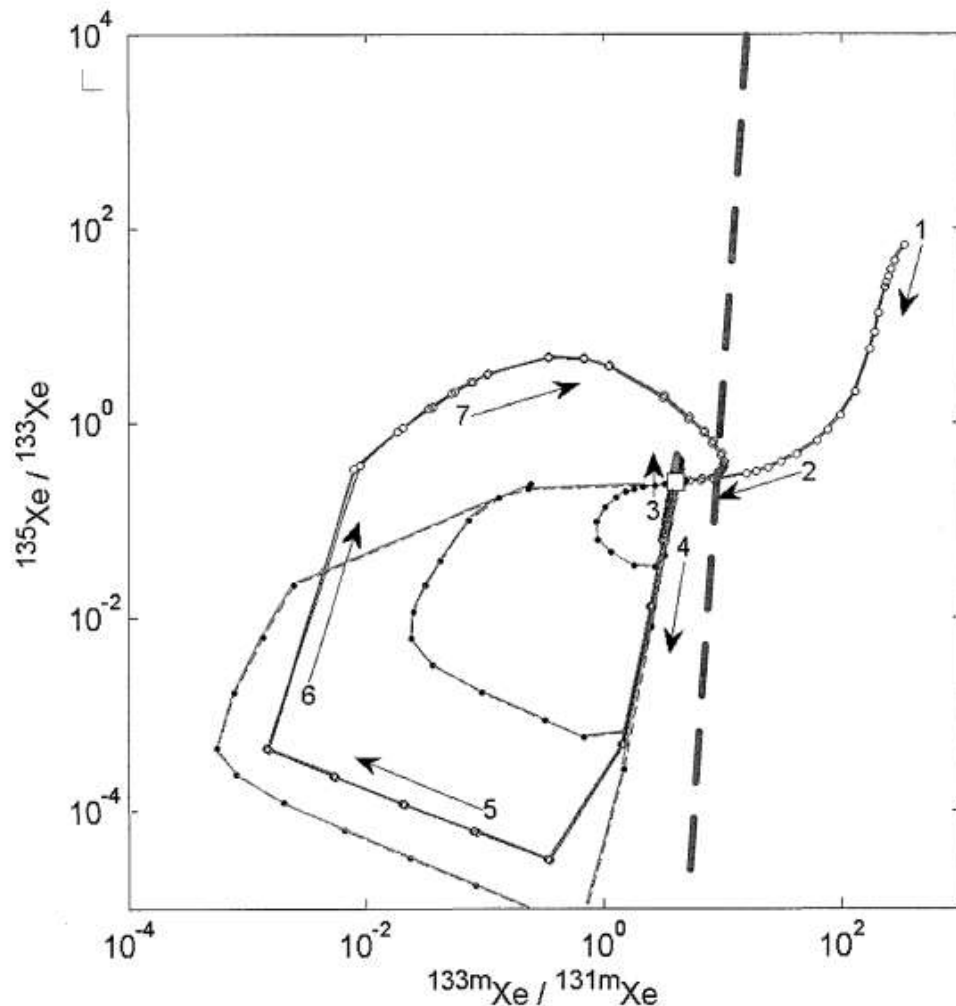


Рис. 2.2. Річний цикл освіти ізоотопів ксенону в реакторі типу ВВЕР

Даний графік вперше був запропонований і змодельований доктором Калиновським [8] (Гамбурзький університет) для задач ДВЗЯВ. Метою даних робіт було створення методики визначення факту проведення несанкціонованого ядерного випробування, з використанням співвідношенням об'ємних активностей чотирьох ізоотопів ксенону. На рис.2.3 представлений великий масив даних зі станцій моніторингу, де були виміряні всі чотири ізотопи ксенону. Крім того на рис. 2.2, крім основної кривої представлені три додаткові, де свіжі викиди Хе змішати з попередніми в співвідношенні 1:10, 1:1000 і 1:100000 відповідно. Різниця між викидами становить два дні. Хочеться відзначити, що форма кривих збережена і точка рівноваги ідентична. Якщо виміряна ОА Хе¹³³ і одного з метастабільних ізоотопів більше МДС то для оцінки стану ЯЕО можна використовувати МДС

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

активації і безпосереднього її контакту з негерметичними оболонками ТВЕЛів. Безпосереднім джерелом надходження в атмосферне повітря летких радіоактивних речовин від реактора ВВЕР є вентиляційна система герметичних приміщень першого контуру і самого реактора. Нуклідний склад газоподібних викидів АЕС з РБМК в основному визначається газами, які надходять з інжекторів турбіни - це радіонукліди продуктів поділу (радіонукліди криптону і ксенону).

Все парогазові і аерозольні викиди з АЕС проходять систему очищення. На початку, вони витримуються певний час в газгольдерах (камери витримки) для розпаду короткоживучих радіонуклідів або проводиться їх очищення на спеціальних установках придушення активності. Для очищення вентиляційного повітря від аерозолів в складі вентиляційних систем на АЕС передбачаються фільтрувальні станції. Це блоки з різними адсорбуючими фільтрами (вугільними, аерозольними). Ефективність очищення на таких фільтрах досить висока. Незважаючи на всі вжиті заходи очищення, значна частина РБГ потрапляє в навколишнє середовище і дозволяє проводити вимірювання об'ємних концентрацій ізотопів ксенону на значній відстані від точки інжекції. Тому хочеться відзначити, що найбільш доцільно для визначення активності всіх чотирьох ізотопів ксенону виробляти паркан повітряних проб з системи вентиляції реакторного залу після систем очищення.

На жаль, прямий метод вимірювання ксенону на даний момент на ЯЕО РФ не застосовується. Вимірювання ксенону є вельми складним технічним завданням в зв'язку з тим, що його концентрація в атмосферному повітрі вельми незначна і становить 0,0087%. Необхідно відзначити, що інший значною проблемою є очищення від заважають домішок. Наприклад, спектрометричний препарат повинен бути очищений від Rn більш ніж в 10^7 разів. Причина криється в тому, що Rn має близькі енергії β і γ розпаду і фонова активність його на порядки більше активності ізотопів ксенону. В даний час оцінка викидів ксенону здійснюється *непрямим шляхом* за допомогою співвіднесення розрахункових даних з потужністю дози, що виміряли.

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Вимірюючи об'ємні активності ізотопів ксенону в системі вентиляції реакторного заду, можна також точно визначати рівень викидів I^{131} , I^{133} , а також аерозольні викиди ізотопів стронцію - Cr^{89} , Cr^{90} , Cs^{134} і цезію Cs^{37} , які є продуктами розпаду газоподібних нуклідів і є основним фактором, що впливає на радіаційну обстановку поблизу АЕС.

При аварії на ЯЕО ізотопи ксенону можуть бути основним чинником впливає на радіаційний фон. Так, наприклад, при одній з найбільших аварії в історії ядерної енергетики, що сталася на атомній станції Три-Майл-Аеленд (США), викид РБГ став основним джерелом, що впливає на радіаційну обстановку. За оцінками в атмосферу було викинуто активність РБГ, рівна 10 мільйонів кюри.

Дані, представлені на рис 2.3, демонструють практичну можливість визначення поточного стану ЯЕО з аналізу об'ємної активності ізотопів ксенону на видаленні від ЯЕО. Таким чином, вимірюючи ізотопи ксенону в приміщенні реакторного залу і на значній відстані від ЯЕО, можна вирішувати такі завдання:

- виробляти перевірку поточного стану реактора (підтвердження його точки рівноваги або визначення поточного технологічного процесу);
- за величиною об'ємної активності ізотопів ксенону визначати радіаційне стану активної зони реактора (наявність тріщин в твєлів, герметичності контуру охолодження і т.д.);
- при аварії на ЯЕО визначати радіаційну обстановку поблизу і на видаленні від ЯЕО;
- реєстрація значного перевищення хоча б одного ізотопу ксенону з великою ймовірністю свідчить про аварію на ЯЕО;
- факт виявлення перевищення об'ємної активності ізотопів ксенону при відомій апріорної інформації про аварію на ЯЕО є індикатором приходу радіоактивних аерозолів і можливого радіаційного забруднення місцевості.

Існуюча система технічних і організаційних заходів захисту об'єктів ядерної енергетики повинна містити п'ять рівнів глибоко ешелонованої захисту і включає такі рівні, які відображені у вигляді схеми на рис. 2.4.

- 1) Умови розміщення АЕС та запобігання порушень нормальної експлуатації
- 2) Попередження проектних аварій системами нормальної експлуатації
- 3) Попередження позапроектних аварій системами нормальної експлуатації
- 4) Управління позапроектними аваріями
- 5) Протиаварійне планування

Рис. 2.4 Рівні захисту об’єктів енергетики

Запропонований метод моніторингу ізотопів ксенону передбачає виявлення відхилень від нормальної роботи ЯЕО на 2 і 5 рівнях захисту об’єктів енергетики.

2.2 Пропонована модель моніторингу ізотопів ксенону

Як було відзначено вище, найбільш доцільно проводити моніторинг ксенону безпосередньо на ЯЕО. При відборі проби з системи вентиляції практично завжди можна визначити об’ємні концентрації всіх ізотопів ксенону, що цікавлять, на разі їх високої концентрації. Недоліками даного рішення є можливе спотворення реальної інформації через галузевих інтересів і потреба у великій кількості установок, так як на кожному виробі повинна бути встановлена своя система моніторингу.

Моніторинг ксенону на видаленні від ЯЕО пред’являє більш високі вимоги до технічних параметрів ксенонового обладнання, але дозволяє контролювати стан

декількох ЯЕО. При установці устаткування за межами ЯЕО також необхідно проводити безперервний моніторинг метеоумов з високим кроком дозволу. На даний момент створені та випробувані на практиці моделі переносу повітряних мас, що дозволяють з великою ймовірністю визначати передбачувані координати точки інжекції ксенону. Додатково даний підхід дозволяє контролювати об'єкти за межами держави, а також в деяких випадках проводити контроль за несанкціонованою діяльністю інших країн, тим самим розширюючи поточну мережу моніторингу в інтересах ДВЗЯВ.

У разі вимірювання комплексом значного перевищення об'ємної активності ізотопів ксенону, встановленим поза ЯЕО, і визначення можливого місця інжекції, бажано провести повторні вимірювання якомога ближче або на самому передбачуваному об'єкті викиду благородних газів. Для виконання цього завдання бажано мати мобільне обладнання відбору і вимірювання проб, що транспортується в автомобілі. Даний комплекс повинен мати компактні габарити і схожі зі стаціонарним обладнанням технічні характеристики, такі як МДА, ступінь очищення від радону і т.д. На 29 рисунку 2.5 представлений пробовідбірний модуль комплексу ARIX-3F, а в таблиці 2.1 перераховані його основні технічні характеристики.



**Рис. 2.5 Пробовідбірна установка ARIX-3F, підготовлена до транспортування
для відбору проб в польових умовах**

Таблиця 2.1

Основні технічні характеристики комплексу ARIX-3F

параметр	значення
Розміри основного обладнання (Ширина x Глибина x Висота), м	
- Модуль пробопереробки	0,6 x 0,9 x 1
- Модуль пробовідбору	1 x 0,7 x 0,5
- Повітряний компресор	0,3 x 0,3 x 0,6
Мінімально необхідна площа для розміщення комплексу (м ²)	2
Загальна вага (кг)	<250
Середня споживана потужність (кВт)	3
Коефіцієнт вилучення ксенону	> 95%
Ступінь очищення від Rn	> 10 ⁷
МДК для Хе ^{131m} (мБК / м ³)	0,57
МДК для Хе ^{133m} (мБК / м ³)	0,54
МДК для Хе ¹³³ (мБК / м ³)	0,51
МДК для Хе ¹³⁵ (мБК / м ³)	2,25

Хочеться відзначити, що для побудови глобальної мережі моніторингу ізотопів ксенону в Україні необхідно комбінувати різні типи установки і використовувати мобільні і стаціонарні комплекси. При побудові глобальної мережі моніторингу ізотопів ксенону доцільно враховувати наступні рекомендації:

- Бажано оснастити стаціонарним ксеноновими обладнанням всі підприємств першого ступеня радіаційної небезпеки при аварійних ситуаціях, прийняту МАГАТЕ. Фактично до підприємств першої категорії планування відносяться всі атомні електростанції і підприємства, пов'язані з переробкою опроміненого ядерного палива або які мають промисловими реакторами. При розгортанні мережі моніторингу перевагу в установці мають ЯЕО з тривалим терміном експлуатації. Доцільно інтегрувати АК для вимірювання ІК в існуючу мережу моніторингу;

- Стационарні комплекси моніторингу ІК, розташовані на відстані від ЯЕО, рекомендується встановлювати з урахуванням можливості здійснювати моніторинг як мінімум декількох ЯЕО першої категорії;

- ДСНС кожної області при наявності в ньому ЯЕО бажано оснастити мобільним обладнанням для моніторингу ізотопів ксенону;

- Всі дані отримані АК вимірювання ІК повинні передаватися для подальшої обробки та прогнозування можливості НС в ОКЦ ДСНС України.

Структурна схема розміщення АК для задач моніторингу ЯЕО представлена на рис 2.7

На підставі вирішуваних завдань, кожна з установок повинна відповідати таким вимогам:

Всі типи установок повинні працювати в автоматичному режимі (в мобільному варіанті повинні бути автоматизовані процес підготовки проби для проведення спектрометричних вимірювань і самі вимірювання);

Повинні вимірюватися наступні ізотопи: $\text{Xe}^{131\text{m}}$, $\text{Xe}^{133\text{m}}$, Xe^{133} , Xe^{135} ;

Час від початку пробовідбору до закінчення спектрометричних вимірювань і надання результатів не повинно перевищувати у режимі повсякденної діяльності більше 48 ч .

Для підтвердження достовірності результатів і контролю за технічним станом обладнання повинна безперервно здійснюватися запис телеметричної інформації;

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	34

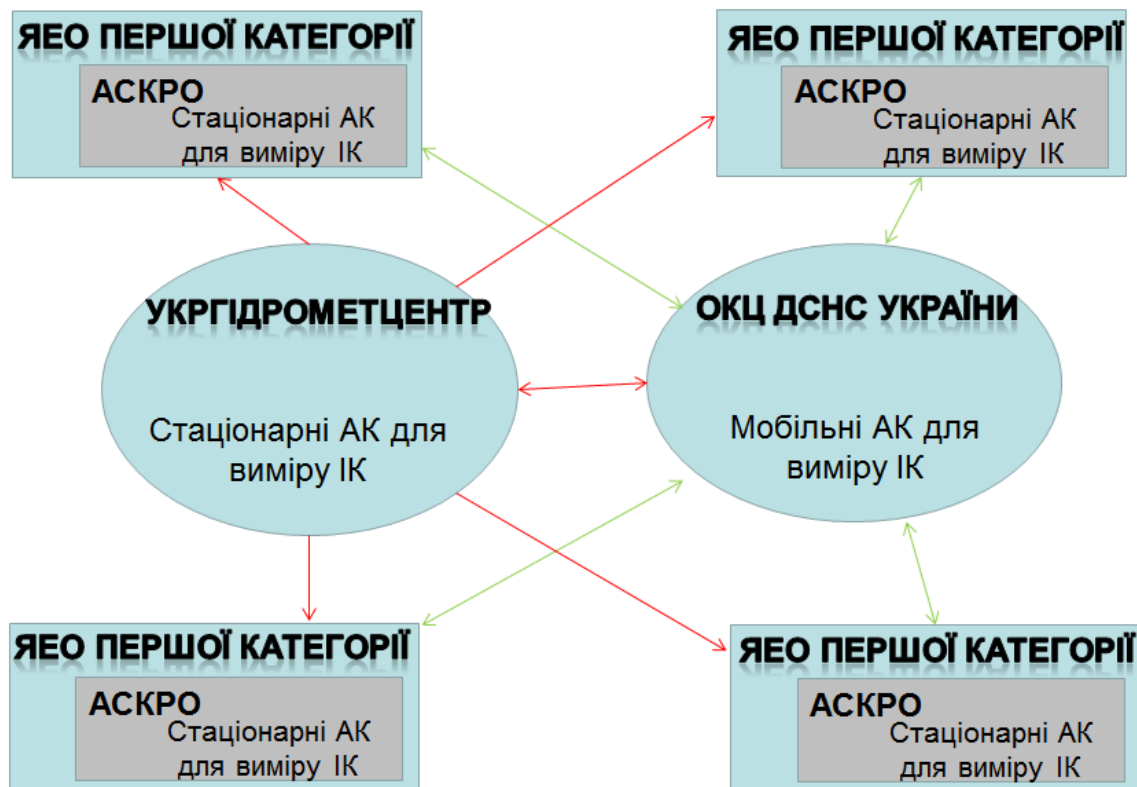


Рис. 2.7 Структурна схема мережі моніторингу

Після закінчення спектрометричних вимірювань газовий спектрометричний апарат повинен автоматично поміщатися в архівний контейнер для можливості перевірки даних.

Операції по щоденному обслуговуванню устаткування повинні бути мінімізовані. Для роботи з обладнанням достатня наявність у персоналу середньо-технічної освіти.

Між ОКЦ ДСНС України і комплексами моніторингу повинен бути здійснений двосторонній зв'язок.

Основні вимоги до технічних характеристик мобільного та стаціонарного ксенонового обладнання представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Вимоги до технічних характеристик ксенонового обладнання

Параметри	Стационарний комплекс, Встановлено на ЯЕО	Стационарний комплекс, Встановлено на віддаленні від ЯЕО	Мобільний комплекс
МДА для $\text{Xe}^{131\text{m}}$ (ТБК)	<1000	<10	<10
МДА для $\text{Xe}^{133\text{m}}$ (ТБК)	<1000	<10	<10
МДА для Xe^{133} (ТБК)	<1000	<10	<10
МДА для Xe^{133} (ТБК)	<3000	<30	<10
Періодичність подання результатів об'ємної активності	щодня	щодня	На запит
Ступінь очищення від радону та інших радіонуклідів (рази)	$T > 10^7$	$T > 10^7$	$T > 10^7$
Періодичність запису телеметричної інформації (хв)	10 або зміна стану	10 або зміна стану	10 або зміна стану
Приміщення необхідне для розміщення обладнання (м^2)	<15	<20	<10
Вимога до відбору проб	Безперервний, з постійною швидкістю	Безперервний, з постійною швидкістю	Постійна швидкість відбору проб

2.3 Прогнозування надзвичайних ситуацій на ядерних енергетичних об'єктах за результатами вимірювань об'ємних концентрацій ізотопів ксенону.

Результати моніторингу надзвичайних ситуацій є вихідну інформацію для їх прогнозування.

У загальному випадку прогнозування розглядається як дослідний і розрахунково-аналітичний процес, метою якого є отримання імовірнісних даних про майбутній стан і характер розвитку прогнозованого явища, стан і визначають параметри функціонування систем або об'єкта.

В даному розділі більш детально описані НС, що визначаються за результатами роботи обладнання моніторингу, критерії їх визначення і передбачувана реакція на них. Відповідно до класифікації надзвичайних ситуацій, встановленої постановою Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 р. N 368 «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями» [10], та завдань, що вирішуються обладнанням моніторингу ізотопів ксенону за даними розділу 2.1, моніторинг ІК дозволяє прогнозувати

НС локального, муніципального, міжмуніципального, регіонального, міжрегіонального та федерального характеру.

Хочеться відзначити, що для кожного конкретного стаціонарного комплексу порогові критерії можуть бути модифіковані в залежності від рівня глобального фону того регіону, де обладнання встановлено.

У таблиці 2.3 наведено передбачуваний список НС. У майбутньому, за результатами роботи обладнання і проведення більш детального моделювання можливих надзвичайних ситуацій, дані представлені в таблиці можуть бути розширені і скориговані. Список НС представлений для обладнання, встановленого на видаленні від ЯЕО.

Таблиця 2.3.

Передбачуваний список НС

НС	критерій визначення	Реакція на ЧС
Відсутність	ОА ^{131}I , ^{133}I , ^{133}Xe , ^{135}Xe знаходяться на фоновому рівні менш МДС	Запис результатів Про А ^{131}I , ^{133}I , ^{133}Xe , ^{135}Xe або їх МДК в БД
Розгерметизація паливних збірок, контурів охолодження ЯЕО і т.д.	ОА $^{133}\text{Xe} > 10 \text{ тБк} / \text{м}^3$ (ОА ^{131}I , ^{133}I , ^{135}Xe < МДС)	Визначення об'єкта викидів. інформування всіх зацікавлених сторін. Проведення вимірювань ІК на ЯЕО або поблизу його мобільним обладнанням
	Про А $^{133}\text{Xe} > \text{ЮтБк} / \text{м}^3$	Визначення об'єкта викидів.
	і ОА одного з метастабільних ізотопів > МДС	визначення поточного технологічного стану ЯЕО. Інформування всіх зацікавлених сторін. Проведення вимірювань ІК на ЯЕО

		або поблизу його мобільним обладнанням
	ОА Хе 133 > 100тБк / м ³ (ОА Хе 131т, Хе 133т , Хе 135 <МДС)	Визначення об'єкта викидів. оцінка радіаційної обстановки поблизу і на видаленні від ЯЕО. інформування всіх зацікавлених сторін. Проведення вимірювань ІК на ЯЕО або поблизу його мобільним обладнанням
	ОА Хе 133 > 100 тБк / м ³ і ОА одного з метастабільних ізотопів> МДС	Визначення об'єкта викидів. оцінка радіаційної обстановки поблизу і на видаленні від ЯЕО. Визначення поточного технологічного стану ЯЕО. інформування всіх зацікавлених сторін. Проведення вимірювань ІК на ЯЕО або поблизу його мобільним обладнанням
	(ОА Хе 133 * До про)> 1Бк / м ³	Визначення об'єкта викидів. оцінка радіаційного забруднення поблизу і на

На рис. 2.8 представлений алгоритм визначення НС. При його складанні були використані дані про НС і критерії їх визначення, спочатку представлені в таблиці 2.3. Хочеться відзначити, що для оцінки поточного стану ЯЕО, радіаційної обстановки поблизу нього і можливого радіаційного забруднення місцевості по

вимірної ОА ізотопів ксенону для кожного типу ядерного об'єкта повинна бути розроблена своя модель прогнозування.

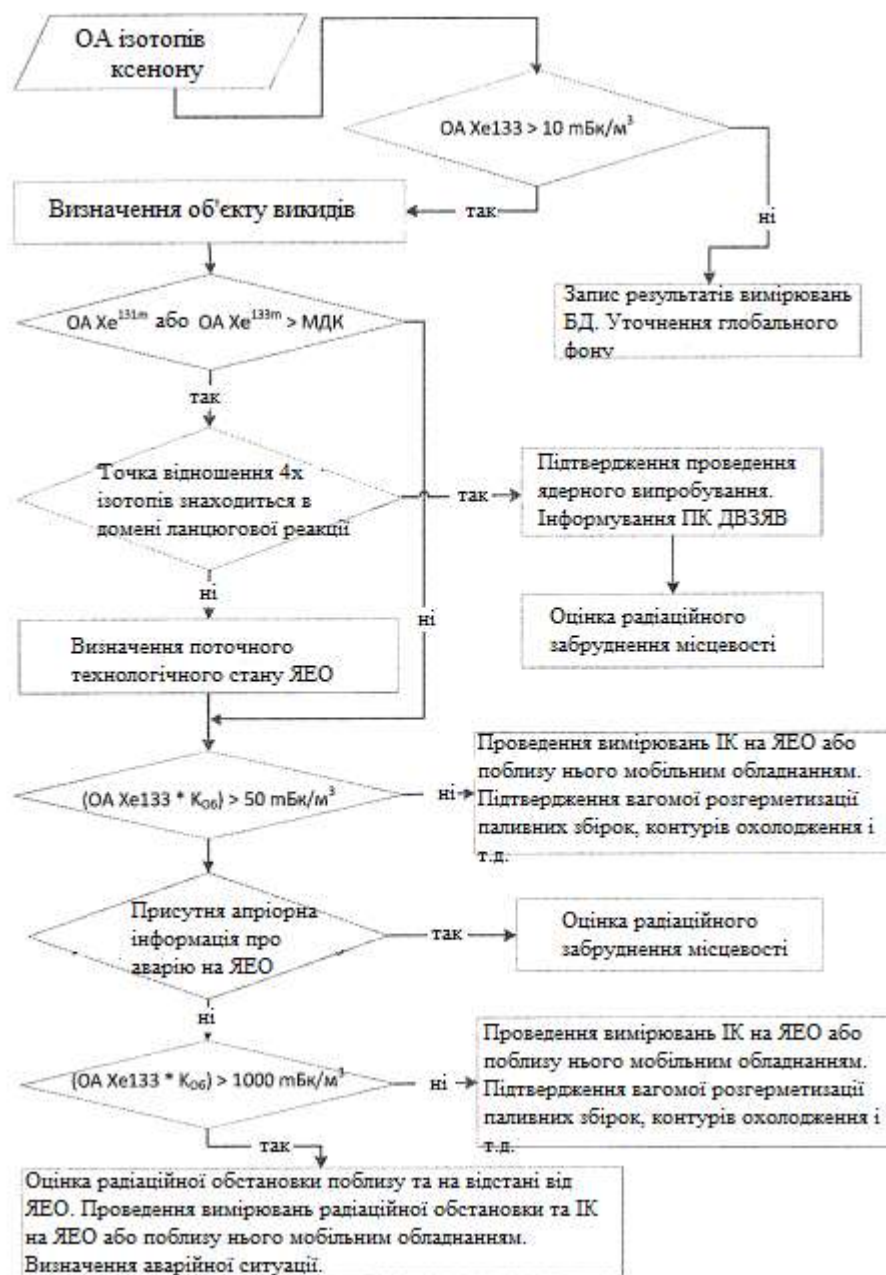


Рис. 2.7. Алгоритм прогнозування НС

При реєстрації об'ємної активності, значного перевищує фонові значення для кожного об'єкта викидів потрібно визначати коефіцієнт об'єкта ($K_{об}$). Даний коефіцієнт є функцією відстані від станції моніторингу до передбачуваного об'єкта викидів і динамікою повітряних мас. Тобто для визначення порогових

характеристик відповідно до запропонованого алгоритму необхідно мати хороше метеорологічне забезпечення для успішного проведення моніторингу.

Висновки

1. Обґрунтовано доцільність і висока ефективність використання моніторингу ОА ізотопів ксенону для проведення моніторингу і прогнозування НС на ЯЕО.

2. Запропонована модель моніторингу ІК, і алгоритму потенційного рівня НС за результатами аналізу ОА ізотопів ксенону.

3. Визначено та обґрунтовано вимоги і технічні характеристики, що пред'являються до обладнання, призначеного для задач моніторингу ІК з метою визначення аварійних і передаварійних ситуацій на ЯЕО.

					<i>ЛУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01</i>	Лист
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

Розділ 3. АНАЛІЗ ВИСОКОЧУТЛИВИХ АПАРАТУРНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗДАТНИХ ЗДІЙСНЮВАТИ МОНІТОРИНГ КСЕНОНУ І ПРОГНОЗУВАТИ НС НА ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

3.1 Комплекс ARSA (США)

Комплекс ARSA, в перекладі означає атмосферне аналізатор ксенонових проб, був розроблений Тихоокеанської Північно-західної національної лабораторії (Річмонд, ш. Вашингтон, США). На рис. 3.1 представлений зовнішній вид комплексу.

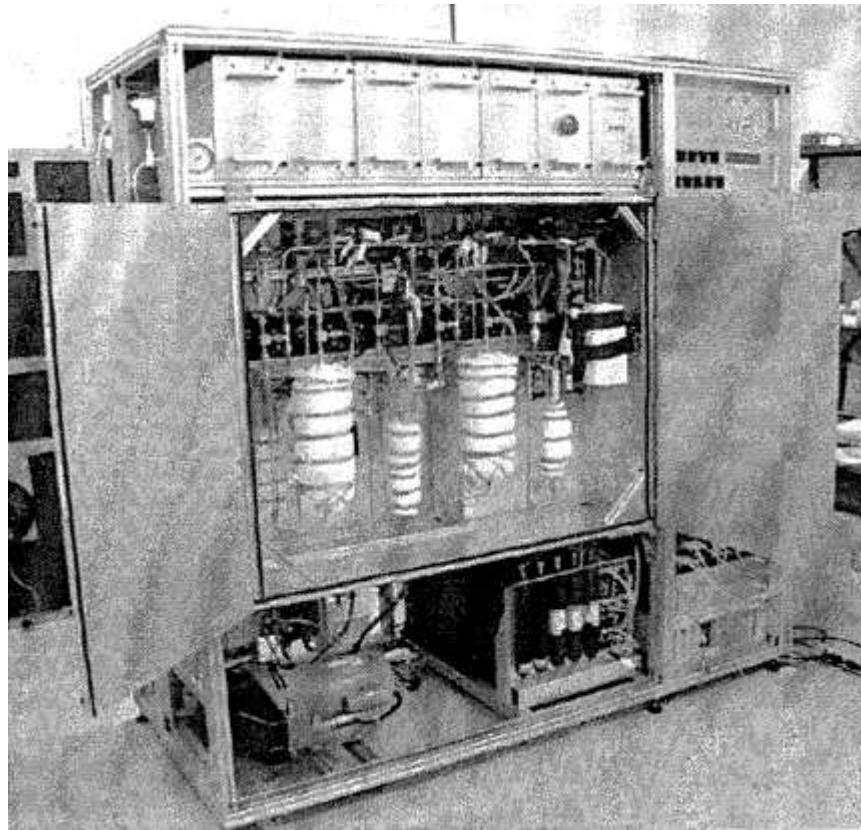


Рис. 3.1. Головна стійка з обладнанням комплексу ARSA

Продуктивність даного комплексу складає 3 проби в день. При кожному пробовідборі комплекс відбирає 48 м^3 повітря і на виході в детектуючу систему надходить близько $1,8 \text{ см}^3$ ксенону, тобто середній коефіцієнт вилучення ксенону

					Лист
					41
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

для даного комплексу не перевищує 50%. Принцип відбору проб заснований на адсорбції ксенону на охолодженій вугільній пастці при продуванні відібраного повітря через неї. Комплекс ARSA має в своєму складі дві лінії збагачення проби і чотири детектуючі системи, що дозволяють оптимізувати процеси пробовідбору, пробопереробки і проведення спектрометричних вимірювань. Кожна проба відбирається протягом 8 годин, збагачується протягом 5,5 годин і вимірюється на спектрометрі бета-гамма збігів протягом доби. Після кожного спектрометричного виміру проводиться вимірювання фону комірки протягом 7,5 годин з метою визначення її ефекту пам'яті.

Для пробовідбору комплекс ARSA використовує компресор з тиском 6 бар. На вході системи відбирається повітря охолоджується, проходячи через теплообмінник, і потім осушується (двоступеневий водяний фільтр розташований за теплообмінником). Надалі повітря надходить на одну з двох осушувальних колон, де відбувається видалення з проби залишилися водяної пари і CO₂. Повітряний витратомір встановлений після криогенного холодильника, температура відібраного повітря, після якого становить -125°C. Після кожного циклу відбору проб (тривалість кожного становить 8 годин) проводиться процес збагачення проби, де з проби на двох пастках затримується радон, в той час як ксенон концентрується на двох інших сорбційних елементах. У якості газу носія при збагаченні проби використовується азот. Для контролю кількості використаного азоту використовується спеціальний витратомір. Для очищення проби від CO₂ також використовується спеціальна пастка. Після конденсації ксенону в підсумковій пастці проба переводиться в одну з чотирьох вимірювальних камер з пластиковим сцинтилятором, які оточують два кристала NaI (Tl), в результаті температурної десорбції ксенону з підсумкової пастки. Після спектрометричних вимірювань відбувається визначення обсягу стабільного ксенону в пробі за допомогою газового хроматографа. Після всіх вище перерахованих вимірювань проводиться розрахунок об'ємної концентрації чотирьох ізотопів ксенону - ^{131m}Xe, ¹³³Xe, ^{133m}Xe, і ¹³⁵Xe. Після закінчення спектрометричних вимірювань проба поміщається в один з десяти

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01

архівних контейнерів. Контейнер може бути витягнутий з комплексу і відправлений в спеціальну лабораторію для повторного вимірювання. Проба зберігається в кожному контейнері протягом трьох днів після закінчення пробовідбору до якого вона належить.

Для кожного спектрометричного виміру зберігається окремий файл спектра, попередні спектри не зберігаються. Протягом дня відбувається запис трьох спектрів проби і трьох фонових спектрів. Також комплекс кожні дві години записує файл з телеметричної інформацією. Дані файли містять протоколювання значень 151 параметра комплексу.

Основні технічні характеристики комплексу представлені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Основні технічні характеристики комплексу ARSA

Параметр комплексу ARSA	значення
Швидкість пробовідбору [$\text{м}^3 / \text{ч}$]	2 $\text{м}^3 / \text{год}$
Обсяг відібраної проби [м^3]	15,6 м^3
тривалість пробовідбору	8 год
Тривалість спектрометричних вимірювань	24 год
Тривалість вимірювання фону	7,5 год
час пробопереробки	5,5 год
Час надання результату (після початку пробовідбору)	37,5 год
Частота надання ділових спектрів	8 год
Частота надання телеметричної інформації	2 год
Зв'язок з комплексом	двостороння
Розміри [м]: Ш x В x Г	2 x 2 x 1 м
Необхідна площа розміщення	15 м^2
Вага комплексу [кг]	1000
Середня споживана потужність [кВт]	5
Пікова споживана потужність [кВт]	7

Діапазон робочих температур	18-25°C
Чистота газу носія	N ₂ , 99,999%
Споживання газу носія [л / день]	190
Коефіцієнт вилучення ксенону	~ 33%
Коефіцієнт очищення від радону	Між 10 ⁴ і 10 ⁵
детекторна система	Бета - гамма спектрометри (пластичний сцинтилятор + NaI (TI))
Кількість спектрометричних камер	4
МДК для ¹³³ Xe [мБк / м ³]	0,6
МДК для ¹³⁵ Xe [мБк / м ³]	1.5
МДК для ^{133m} Xe [мБк / м ³]	0.4
МДК для ^{131m} Xe [мБк / м ³]	0.5
Кількість архівних контейнерів	10
Тривалість збереження архівних проб в контейнерах (дні)	3.3
ОС керуючого комп'ютера	QNX

3.2 Комплекс SAUNA (Швеція)

Комплекс SAUNA (Шведська Автоматична установка для вимірювання благородних газів) був розроблений і виготовлений в FOI, Стокгольм, Швеція. Зовнішній вигляд комплексу представлений на малюнку 3.2

Комплекс SAUNA складається з трьох основних частин: пробовідбірні блоку, установки переробки проби і детектуючої системи. Комплекс SAUNA відбирає і вимірює дві проби щодня, з тривалістю пробовідбору для кожної проби дорівнює 12 годинам. Для кожної проби близько 0.5 см³ ксенону виділяється з 6.5 м³ повітря. При перерахунку на 24 години це відповідає одному см³ ксенону, що міститься в 13 м³ повітря. Комплекс SAUNA визначає об'ємну концентрацію радіоактивності для чотирьох ізотопів ксенону ¹³³Xe, ^{133m}Xe, ^{131m}Xe, і ¹³⁵Xe. Принципова схема роботи комплексу представлена на рис 3.3.

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

Основним елементом пробовідбірної блоку комплексу є два термостата. Кожен термостат здатний сорбувати ксенон, що міститься в 3.5 -4 м³ повітря. Для видалення вологи вхідне повітря охолоджується до температури на кілька градусів нижче 0 ° С. Для охолодження відбирається повітря використовується спеціальна термоелектрична пастка. СО₂ і залишки вологи затримуються в додатковому цеолітовий картриджі, розташованому перед вугільними пастками. Після закінчення відбору повітряної проби газ десорбується з вугільної колони і надходить в модуль пробопереробки за допомогою нагрівання вугілля до 300 ° С і пропусканням через нього гелію, як газ носія.



Рис 3.2 Зовнішній вигляд комплексу SAUNA (Швеція)

Модуль пробопереробки містить два додаткових термостата (термостат 1 - 2 см. Рис. 3.3). Цеолітовий картридж видаляє залишки вологи і СО₂ і проба сорбується на другий вугільної пастці, розміщеної в термостаті 1. На даній пастці

										Лист
										45
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01					

вимірювання проби відбувається вимір фону детектора з метою вимірювання його ефекту пам'яті. Тривалість кожного спектрометричного виміру становить 11 годин.

Після закінчення вимірювання проби проводиться розрахунок об'ємної активності ізотопів ксенону, присутніх в ній. Файл з телеметричної інформацією параметрів комплексу записується кожні дві години. Час від початку пробоотбора до отримання результату становить 30 годин. Основні технічні параметри комплексу представлені в таблиці 3.2. Також для кожного робочого циклу виробляються калібрувальні вимірювання спектрометра, як калібрувального джерела використовується - Йй 154 .

Таблиця 3.2

Основні технічні характеристики комплексу SAUNA

Параметр комплексу SAUNA	значення
Швидкість пробовідбору [$\text{м}^3/\text{ч}$]	0.54
Загальний обсяг проби [м^3]	6.50
тривалість пробовідбору	12 ч
Час вимірювання проби	1 ч
Тривалість вимірювання фону	11ч
	6 ч
Час підготовки спектрометричних препаратів	
Час надання результату (після початку пробовідбору)	30 ч
Частота надання результатів	2 рази на день
Частота запису файлу з телеметричної інформацією	2год
Параметри зв'язку з комплексом	двостороння
Розміри [м]: Ш x В x Г	3x3x2
Мінімальна площа розміщення	15 м^2
Загальна вага [кг]	1100
Середнє енергоспоживання [кВт]	2.5
Пікове енерго споживання [кВт]	4
Робочий температурний діапазон	18-25 ° C

Газо носій	He, 99.995
Споживання газу носія [л / день]	300
Коефіцієнт вилучення ксенону	> 90%
Ступінь очищення від радону	>10 ⁵
система детектування	Бета-гамма спектрометри (пластичний сцинтилятор. + NaI (Tl))

Кількість спектрометричних осередків	2
МДК для ¹³³ Xe [мБк / м ³]	0.6
МДК для ¹³⁵ Xe [мБк / м ³]	2.0
МДК для ^{133m} Xe [мБк / м ³]	1.1
МДК для ^{131m} Xe [мБк / м ³]	1.0
калібрувальний джерело	¹⁵⁴ Eu, 2 кБк, для кожного детектора
Тривалість калібрувальних вимірювань	10 хвилин
Кількість архівних контейнерів	7
ОС керуючого комп'ютера	Windows NT

3.3 Комплекс моніторингу ксенону -SPALAX (Франція)

Комплекс SPALAX був розроблений CEA / DASE у співпраці з SFI, Франція. Зовнішній вигляд комплексу представлений на рис. 3.4.

При розробці комплексу SPALAX розробники керувалися такими критеріями:

- Пробовідбір і концентрування атмосферного ксенону повинен бути максимально ефективний;
- У пробі повинно бути присутнім мінімальну кількість радону;
- Система повинна безперервно працювати в автоматичному режимі;
- Комплекс повинен бути надійний в роботі і вимагати мінімального спостереження і обслуговування;

- Одночасно вимірювати всі чотири ізоотопу ксенону (^{131m}Xe , ^{133}Xe , ^{133m}Xe , ^{135}Xe).

Принципово функціонування комплексу SPALAX можна розбити на 4 частини: пробовідбір, концентрування, остаточне збагачення проби і вимір об'ємної активності ізоотопів ксенону. Комплекс здатний відбирати і вимірювати одну пробу протягом доби. Для кожної проби комплекс прокачує близько 360 м^3 повітря і виділяє в кожній пробі близько $7,5 \text{ см}^3$ ксенону.

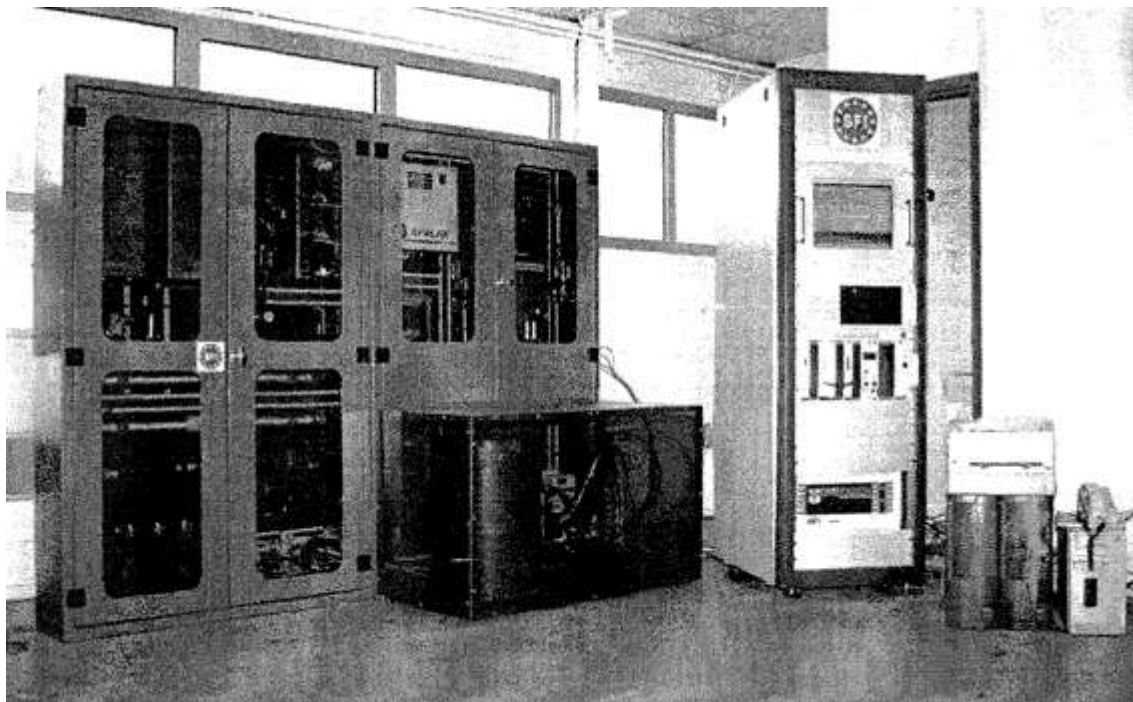


Рис. 3.4 Зовнішній вигляд комплексу SPALAX

Відбір проби відбувається при великій витраті відбирається газу. Відбирається повітря спочатку стискається до тиску $9 \cdot 10^5 \text{ Па}$ і осушується за допомогою осушувальної мембрани, точка роси якої становить -25° C . Вхідний потік осушеного повітря приблизно дорівнює $15 \text{ м}^3 / \text{ год}$. Після цього повітря проходить через спеціальну полімерну мембрану, яка крім ксенону, збільшує процентний вміст азоту в пробі. Поліамдна мембрана має сотні мікропор, через які кисень, CO_2 і водяні пари проникають легше, ніж азот і ксенон. На виході ми маємо

газову суміш, що має в своєму складі 99.99 азоту. За допомогою поліамідної мембрани ксенон концентрується приблизно в 12 разів.

На наступній стадії відбувається подальше концентрування ксеноновим проби і очищення її від радону. Для здійснення процесу концентрування на даній стадії використовуються дві вугільні колони, розташовані в термостатах. Колони під'єднані паралельно і працюють в паралельному режимі, тобто якщо одна з колон сорбує газ, то друга перебуває в циклі десорбції і навпаки. Тривалість циклу сорбції та десорбції становить 2 години. В якості сорбенту використовується активоване вугілля, який має дуже велику площу адсорбції близько - 2500 м² / г. Даний процес відбувається при кімнатній температурі при тиску 0.8 x 10⁵ Па.

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01

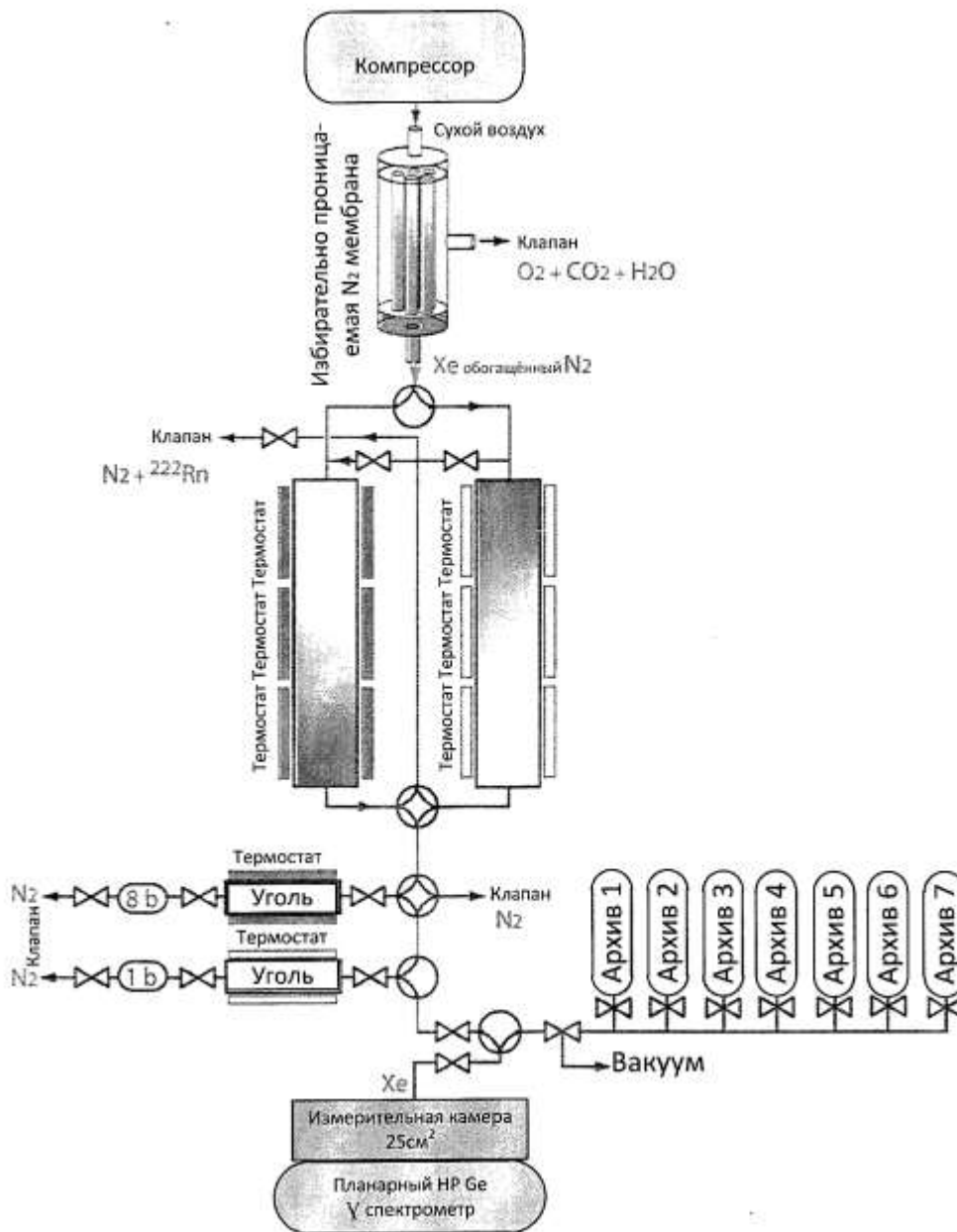


Рис. 3.5 Структурна схема технологічних процесів комплексу SPALAX

Концентрування і збагачення ксенону і очищення від радону відбувається завдяки спеціальній конструкції термостатів. Кожен термостат має три нагрівача. Кожен з них здатний нагріти сорбент, що охолоджується азотним потоком, до температури 250°C . Нагрівачі включаються послідовно. Так ксенон легше десорбується, то на початку вугільної колони присутній основна кількість Rn, а в кінці її після закінчення процесу буде знаходитися весь ксенон. Сумарно коефіцієнт

концентрування ксенону на даній стадії дорівнює приблизно 30, а очищення від радону проводиться більш ніж в 10^5 раз. на

стадії регенерації в якості газу носія використовується азотний потік з виходу протилежної колони.

Мета третьої стадії - подальше концентрування ксенону за допомогою двох сорбційних колон. Дані колони заповнені молекулярним ситом, що має значно більший коефіцієнт сорбції, ніж активується вугілля. Відповідно до цього обсяг сорбенту тут значно нижче, ніж на попередній стадії і обсяг азоту, необхідного для десорбції ксенону, також значно зменшений. Процес сорбції та десорбції відбувається тут при атмосферному тиску. Температура десорбції становить 320°C . Всі 12 ксенонових фракцій одержуваних в кінці будь-яких двох часових десорбційних - адсорбційних циклів з проміжних колон акумулюються на останній з них (див. Рис. 3.5) протягом 24 годин. Раз на добу ксенон, що знаходиться в останній колоні, десорбується і надходить в вимірювальну комірку спектрометра. Обсяг стабільного ксенону за 24 годинний пробовідбір становить 7.5 см^3 , що відповідає змісту ксенону в 80 м^3 повітря. Сумарний коефіцієнт збагачення по ксенону становить більш ніж $3 \cdot 10^6$ раз.

Для проведення спектрометричних вимірювань використовується гамма спектрометр високої роздільної здатності на основі кристала особливо чистого германію. Охолодження детектора відбувається за допомогою спеціального електричного криогенного холодильника. Тривалість спектрометричних вимірювань кожної проби становить 24г.

Основні технічні характеристики комплексу представлені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3.

Основні технічні характеристики комплексу SPALAX

Параметр комплексу SPALAX	значення
Швидкість пробоотбора [$\text{м}^3 / \text{год}$]	15
Загальний обсяг проби [м^3]	195

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

тривалість пробо відбору	24 ч
Час вимірювання проби	16-24ч
Час надання результату (після початку пробо відбору)	48 ч
Частота надання результатів	1 раз в день
Частота запису файлу з телеметричної інформацією	2год
Параметри зв'язку з комплексом	двостороння
Розміри [м]: Ш x В x Г	2.6 x 1.85. x0.3
Мінімальна площа розміщення	20м ²
Загальна вага [кг]	1300
Середнє енергоспоживання [кВт]	8.5
Пікове енерго споживання [кВт]	4
Робочий температурний діапазон	18-25 ° C
Коефіцієнт вилучення ксенону	40%
Ступінь очищення від радону	T > 10 5
система детектування	Гамма спектрометр високої роздільної здатності (ОЧГ)
Кількість спектрометричних осередків	1
МДС для 133 Xe [мБк / м ³]	0.15
Кількість архівних контейнерів	7
ОС керуючого комп'ютера	MS Windows

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.

4.1. Реагування на НС на радіаційно небезпечних об'єктах. Етапи та порядок проведення пошуково-рятувальних робіт в умовах радіаційного зараження.

Нормативні посилання

Система радіаційної безпеки України базується на відповідних нормативно-правових актах та нормативних документах основними з яких є [11-16]. Відповідно до керівних документів основні поняття визначаються наступним чином:

Радіаційна аварія (РА) - подія, внаслідок якої втрачено контроль над ядерною установкою, джерелом іонізуючого випромінювання, і яка призводить або може призвести до радіаційного впливу на людей та навколишнє природне середовище, що перевищує допустимі межі, встановлені нормами, правилами і стандартами з безпеки (Закон України „Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку“).

Опромінення - вплив на людину іонізуючого випромінювання, яке може бути зовнішнім опроміненням внаслідок практичної діяльності від джерел іонізуючого випромінювання поза тілом людини або внутрішнім опроміненням від джерел іонізуючого випромінювання, які знаходяться всередині тіла людини.

Ефективна доза опромінення-розрахункова доза опромінення людини, яка враховує вклади ефектів опромінення різних органів і тканин людини на стан її здоров'я у цілому.

Одиниці вимірювання.

При вимірюванні ступеню іонізації повітря користуються одиницею так званої експозиційної дози – рентгеном (Р).

Доза зовнішнього опромінення у системі СІ - Мілізіверт (мЗв) - похідна від одиниці вимірювання еквівалентної та ефективної дози іонізуючого опромінення - зіверт (Зв). Позасистемна одиниця - бер (1 мЗв дорівнює 0,1 бера). Доза зовнішнього

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	54

опромінення, яка поглинається організмом –рад, в системі СІ – грей, 1рад=0,01 грей.

Основна дозова межа індивідуального опромінення населення не повинна перевищувати 1 мілізіверта ефективної дози опромінення за рік, при цьому середньорічні ефективні дози опромінення людини, віднесеної до критичної групи, не повинні перевищувати встановлених основних дозових меж опромінення незалежно від умов та шляхів формування цих доз.

Основна дозова межа індивідуального опромінення персоналу об'єктів, на яких здійснюється практична діяльність, введених в експлуатацію після набрання чинності [12], не повинна перевищувати 20 мілізівертів ефективної дози опромінення на рік, при цьому допускається її збільшення до 50 мілізівертів за умови, що середньорічна доза опромінення протягом п'яти років підряд не перевищує 20 мілізівертів.

Види, масштаби і фази радіаційних аварій

Види радіаційних аварій. Відповідно до прийнятих визначень, незапланована подія на будь-якому об'єкті з радіаційною або радіаційно-ядерною технологією кваліфікується як радіаційна аварія, якщо при виникненні цієї події виконуються дві необхідних і достатніх умови:

- а) утрата регулюючого контролю над джерелом;
- б) реальне (або потенційне) опромінення людей, зв'язане з утратою регулюючого контролю над джерелом.

Під визначення радіаційної аварії підпадає широкий спектр таких подій, як крадіжки або втрати одиночних закритих джерел гамма-випромінювання, неконтрольовані розгерметизації джерел, що містять гама -, бета- і альфа-випромінювачі, включаючи радіонуклідні нейтронні джерела.

У випадку, якщо радіаційна аварія відбулася з одночасною втратою контролю над ланцюговою ядерною реакцією і виникненням реальної або потенційної погрози мимовільної ланцюгової реакції, то така подія кваліфікується як аварія радіаційно-ядерна .

Всі радіаційні аварії підрозділяються на дві групи:

а) аварії, що не супроводжуються радіоактивним забрудненням виробничих приміщень, проммайданчика об'єкта і навколишнього середовища;

б) аварії, у результаті яких відбувається радіоактивне забруднення виробничих приміщень, проммайданчика об'єкта і навколишнього середовища.

В результаті аварії першої групи (а) утрата регулюючого контролю над джерелом може супроводжуватись додатковим зовнішнім рентгенівським, гама -, бета- і нейтронним опроміненням людини.

До аварій другої групи (б) відносяться:

а) аварії на об'єктах, де проводяться роботи з радіоактивними речовинами у відкритому виді, що супроводжуються локальним радіоактивним забрудненням об'єктів виробничого середовища;

б) аварії, зв'язані з радіоактивним забрудненням виробничого і навколишнього середовища, викликані проникненням у них радіоактивних речовин унаслідок розгерметизації закритих джерел гама-, бета- і альфа-випромінювання;

в) радіаційні аварії на об'єктах ядерно-енергетичного циклу, експериментальних ядерних реакторах і критичних зборках, а також на складах радіоактивних речовин і на пунктах поховання радіоактивних відходів, де можливі аварійні газоаерозольні викиди і/або водні скидання радіонуклідів у навколишнє середовище.

Класифікація радіаційних аварій по масштабах. Масштаб радіаційної аварії визначається розміром територій, а також чисельністю персоналу і населення, що у неї потрапляють. По своєму масштабу радіаційні аварії підрозділяються на два великих класи: промислові і комунальні.

До класу промислових відносяться такі радіаційні аварії, наслідки яких не поширюються за межі територій виробничих приміщень і проммайданчика об'єкта, а аварійному опроміненню може піддаватися тільки персонал.

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

До класу комунальних відносяться радіаційні аварії, наслідки яких не обмежуються приміщеннями об'єкта і його проммайданчика, а поширюються на навколишні території, де проживає населення.

Останнє стає, таким чином, об'єктом реального або потенційного аварійного опромінення.

По масштабу комунальні радіаційні аварії більш детально підрозділяються на:

а) локальні, якщо в зоні аварії проживає населення з загальною чисельністю до десяти тисяч чоловік;

б) регіональні, при яких у зоні аварії виявляються території декількох населених пунктів, один або кілька адміністративних районів і навіть областей, а загальна чисельність населення, яке потрапило в аварію, перевершує десять тисяч чоловік;

в) глобальні - це комунальні радіаційні аварії, у наслідки яких утягується значна частина (або вся) територія країни і її населення.

Фази аварії. У розвитку комунальних радіаційних аварій виділяють три основних тимчасових фази :

а) рання (гостра) фаза аварії;

б) середня фаза аварії або фаза стабілізації;

в) пізня фаза аварії або фаза відновлення.

Планування та реагування на РА.

Аварійне планування на випадок РА. Для забезпечення узгодженого оперативного реагування органів управління, сил і засобів функціональних та територіальних підсистем Єдиної державної системи запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру на РА розробляється План реагування на РА.

Аварійне планування на випадок РА ведеться відповідно до наступних категорій радіаційної небезпеки:

I - об'єкти (такі, як атомні електричні станції), для яких небезпечні події на проммайданчику, включаючи події з дуже низькою імовірністю виникнення,

					<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	57

можуть призвести до тяжких детермінованих медичних ефектів за межами майданчика;

II - об'єкти (такі, як деякі типи дослідницьких реакторів або підприємства з виробництва закритих джерел іонізуючого випромінювання тощо), для яких небезпечні події на проммайданчику можуть призвести до підвищення доз опромінення населення за межами майданчика, що виправдовує здійснення термінових контрзаходів;

III - об'єкти (такі, як промислові випромінювальні установки, підприємства, що зберігають відпрацьоване ядерне паливо, або підприємства, що здійснюють збір та захоронення відходів низької активності тощо), для яких небезпечні події на проммайданчику можуть призвести до підвищення доз опромінення або виникнення забруднення, що виправдовує термінові захисні дії на проммайданчику;

IV - діяльність, яка може призвести до виникнення РА, що виправдовує застосування термінових контрзаходів у непередбаченому місці.

Розподіл обов'язків щодо реагування на РА. Підприємства, які експлуатують об'єкти категорії радіаційної небезпеки I-III, повинні здійснювати:

- аварійне оповіщення з наступним інформуванням місцевих органів виконавчої влади, регулюючих органів, територіальних органів ДСНС, органів управління відповідних функціональних підсистем;

- оцінку, прогноз розвитку РА і змін радіаційної ситуації та надання рекомендацій місцевим органам виконавчої влади щодо захисту населення;

- захист персоналу об'єкта, а також осіб, які перебувають на території проммайданчика та санітарно-захисної зони об'єкта;

- реалізацію додаткових заходів щодо фізичного захисту об'єкта.

Повноваження місцевих органів виконавчої влади щодо реагування на РА визначаються відповідно до Законів України "Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання" та "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру".

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	58

Центральний орган виконавчої влади, до сфери управління якого належить аварійний об'єкт, відповідає за:

- забезпечення участі власних сил і засобів наявних підпорядкованих аварійно-рятувальних формувань у проведенні аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт у разі виникнення (загрози виникнення) РА, а також організацію взаємодії з центральними та місцевими органами виконавчої влади щодо залучення додаткових сил і засобів;

- надання допомоги аварійному об'єкту за рахунок мобілізації галузевих ресурсів;

- надання інформаційно-аналітичної підтримки МНС та Урядовій комісії з ліквідації надзвичайної ситуації;

- у разі потреби - подання у встановленому порядку запиту щодо допомоги аварійному об'єкту з державних резервів.

У разі виникнення РА нижченаведені центральні органи виконавчої влади здійснюють такі функції:

1) ДСНС:

- організацію оповіщення населення про загрозу і виникнення РА, контроль за функціонуванням територіальних і локальних систем оповіщення;

- використання аварійно-рятувальних спеціалізованих формувань для реагування на РА;

- координацію та контроль за здійсненням заходів щодо захисту населення і територій при виникненні РА;

- виконання обов'язків компетентного національного органу і пункту зв'язку, уповноваженого робити запити та одержувати прохання про допомогу згідно з Конвенцією про допомогу в разі ядерної аварії або радіаційної аварійної ситуації.

2) Мінпаливенерго:

- створення системи заходів щодо забезпечення готовності до ліквідації РА на об'єктах категорії радіаційної небезпеки I, включаючи розробку відповідних нормативних актів;

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

- координацію дій з ліквідації РА на об'єктах категорії радіаційної небезпеки I та мінімізації її наслідків;

- надання інформаційно-аналітичної підтримки групі екстреної допомоги АЕС;

- створення резервів медичного майна і лікарських засобів для захисту персоналу об'єктів категорії радіаційної небезпеки I та осіб, які перебувають у санітарно-захисній зоні, організацію і координацію робіт з надання термінової медичної допомоги постраждалому персоналу.

3) МОЗ:

- організацію і координацію робіт з надання термінової медичної допомоги постраждалому населенню в зонах РА, координацію робіт з евакуації постраждалого населення і хворих із цих зон;

- оцінку і прогноз дозових навантажень населення та надання рекомендацій щодо їх мінімізації, організацію оперативного контролю радіоактивного забруднення у зонах РА;

- збирання, узагальнення, аналіз і надання органам Системи відомостей про постраждалих і хворих осіб у зонах РА;

- створення резервів медичного майна і лікарських засобів та забезпечення термінового постачання їх для локалізації наслідків РА.

4) Мінприроди:

- методичне забезпечення управління та контроль за екологічно обґрунтованим проведенням робіт з ліквідації наслідків РА;

- організацію і проведення спостереження, оцінки і прогнозу стану атмосфери, водних об'єктів і сільськогосподарських культур, радіоактивного забруднення довкілля України;

- забезпечення керівних органів Системи гідрометеорологічною інформацією та даними про забруднення довкілля;

- оперативний контроль за радіоактивним забрудненням у випадку РА згідно з установленим регламентом у місцях проведення постійних спостережень.

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	60

5) Держатомрегулювання:

- міжнародний інформаційний обмін згідно з Конвенцією про оперативне оповіщення про ядерну аварію та у рамках відповідних двосторонніх договорів з іншими країнами;

- оперативне повідомлення через засоби масової інформації про РА на території України, а також за її межами у разі можливості транскордонного перенесення радіоактивних речовин.

Функції інших центральних органів виконавчої влади, які залучаються до реагування у разі РА, визначаються [10].

Аварійне реагування на РА. При оголошенні об'єктом категорії радіаційної небезпеки I або II комунальної аварії негайно вводяться в дію аварійний план об'єкта, плани реагування місцевих та регіональних територіальних підсистем Системи, територія яких належить до зони спостереження об'єкта, плани реагування відповідних функціональних підсистем та цей План.

При оголошенні об'єктом категорії радіаційної небезпеки I або II аварії на майданчику негайно вводиться в дію аварійний план об'єкта, плани реагування місцевих та регіональних територіальних підсистем Системи, територія яких належить до зони спостереження об'єкта, та плани реагування функціональних підсистем центрального органу виконавчої влади, до сфери управління якого належить аварійний об'єкт.

Цей План вводиться у дію таким шляхом:

- здійснюється оповіщення МНС в порядку, передбаченому Планом реагування на надзвичайні ситуації державного рівня [7] ;

- керівництвом МНС приймається рішення про розгортання Кризового центру МНС та формування міжвідомчого оперативного штабу;

- міжвідомчий оперативний штаб починає свою роботу у Кризовому центрі МНС, аналізує ситуацію та визначає дії щодо подальшого аварійного реагування на державному рівні.

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	61

При утворенні Кабінетом Міністрів України спеціальної Урядової комісії з ліквідації надзвичайної ситуації для загальної координації дій центральних і місцевих органів виконавчої влади міжвідомчий оперативний штаб виконує функції її робочого органу.

У разі комунальної аварії на АЕС крім Кризового центру ДСНС в обов'язковому порядку активізуються кризовий центр НАЕК "Енергоатом", Інформаційно-кризовий центр Держатомрегулювання та відповідні кризові структури Мінпаливенерго.

Функціональні підсистеми центральних органів виконавчої влади, що залучаються до реагування у разі виникнення РА державного рівня:

1. Функціональні підсистеми МНС: "Оповіщення населення про надзвичайні ситуації"; "Захист населення і територій при виникненні надзвичайних ситуацій"; "Життєзабезпечення постраждалого населення"; "Проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт"; "Сили і засоби реагування на надзвичайні ситуації"; "Розроблення планів дій у разі виникнення НС щодо забезпечення безпеки населення, захисту довкілля та мінімізації негативних наслідків цих ситуацій".

2. Функціональна підсистема Держатомрегулювання: "Безпека об'єктів ядерної енергетики".

3. Функціональна підсистема Мінпаливенерго: "Атомна енергетика та паливно-енергетичний комплекс".

4. Функціональні підсистеми МОЗ: "Медицина катастроф"; "Нагляд за санітарно-епідемічною обстановкою"; "Створення резервів медичного майна і лікарських засобів".

5. Функціональні підсистеми Мінприроди: "Державна система екологічного моніторингу навколишнього середовища"; "Спостереження і контроль за природними гідрометеорологічними явищами та забрудненням довкілля"; "Прогнозування гідрометеорологічних умов і явищ"; "Спостереження і контроль за рівнем забруднення підземних вод, включаючи радіоактивне".

Вимоги до роботи персоналу РНО.

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

Опромінення персоналу категорії А. Нормами радіаційної безпеки встановлюються наступні категорії осіб, що опромінюються:

Категорія А (персонал) - особи, що постійно або тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань.

Категорія Б (персонал) - особи, що безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але в зв'язку з розташуванням робочих місць у приміщеннях і на промислових площах об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть одержувати додаткове опромінення.

Категорія В - усе населення. Чисельні значення меж доз встановлюються на рівнях, що виключають можливість виникнення детермінованих ефектів опромінення і, одночасно, що гарантують настільки низьку імовірність виникнення стохастичних ефектів опромінення, що вона є прийнятною як для окремих осіб, так і для суспільства в цілому.

Для персоналу (категорія А) індивідуальна річна ефективна доза й еквівалентні дози зовнішнього опромінення не повинні перевищувати значення D_L для даної категорії.

Особи до 18 років не допускаються до роботи з джерелами іонізуючого випромінювання.

Радіоактивне забруднення шкіри, спецодягу і робочих поверхонь не повинне перевищувати ДЗ А, чисельні значення яких приводяться в Додатку 3 НРБУ.

Індивідуальний дозиметричний контроль, у конкретних для кожного випадку обсягах є обов'язковим для осіб, у яких річна ефективна доза опромінення може перевищувати 10 мЗв рік⁻¹.

При проведенні індивідуального дозиметричного контролю повинні враховуватися індивідуальні умови опромінення працівника.

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	63

ВИСНОВКИ

У даній роботі виконано дослідження, до числа основних результатів, отриманих в роботі, належать такі.

1) Обґрунтовано доцільність і висока ефективність проведення моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій на ядерних енергетичних об'єктах, що функціонує на основі аналізу, об'ємних активностей ізотопів ксенону.

2) Запропонована модель моніторингу ізотопів ксенону, визначений і алгоритмизований потенційний рівень прогнозування надзвичайних ситуацій за результатами аналізу об'ємних активностей ізотопів ксенону.

3) Визначено та обґрунтовано вимоги і технічні характеристики, що пред'являються до обладнання, призначеного для задач моніторингу ізотопів ксенону з метою визначення аварійних і передаварійних ситуацій на ядерних енергетичних об'єктах.

4) В роботі розглянуто питання охорони праці. Етапи та порядок проведення пошуково-рятувальних робіт в умовах радіаційного зараження.

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	64

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Видання «Енергетика: історія, сучасність і майбутнє» / режим доступу <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-3/section-3/3-3/3-3-3>
2. Nuclear data, Brookhaven National Laboratory, USA, www.nndc.bnl.gov
3. Попов В. Ю. Использование комплекса измерения объемных активностей ксенона (ARIX-02) для задач мониторинга и прогнозирования ЧС на ядерных энергетических объектах / диссертация, Санкт-Петербург. 2012
4. T.R. England, B.F. Rider, Los Alamos National Laboratory Report, LA-UR-94-3 106, <http://t2.lanl.gov/publications/publ>
5. Попов, В. Ю. Измерение низких активностей ксенона осколочного происхождения методом Р-у совпадений / Ю.С. Попов, Н.М. Казаринов, В.Ю. Попов, Ю.М. Рыков, Н.В. Скирда/СПриборы и техника эксперимента, 2005, № 2, С. 1-7.
6. Попов В.Ю., Обработка результатов спектрометрических измерений радиоизотопов ксенона по схеме р-у совпадений в комплексе ARIX-3F при решении задач инспекции на месте. / Попов В.Ю., Рыков Ю.М., // Вестник НЯЦ РК, выпуск 2(18), июнь 2004г., с. 128 -130.
7. Попов, В.Ю. Environmental Radioxenon Levels in Europe: a comprehensive overview /Paul R.J. Saey, Clemens Schlosser, Pascal Achim, Matthias Auer, Anders Axelsson, Andreas Becker, Xavier Blanchard, Guy Brachet, Luis Celia, Lars-Erik De Geer, Martin B. Kalinowski, Gilbert Le Petit, Jenny Peterson, Vladimir Popov, Yury Popov, Anders Ringbom, Hartmut Sartorius, Thomas Taffary, and Matthias Zahringer// Pure and Applied Geophysics, 2010, Bazel, Switzerland, DOI 10.1007/s00024-009-0034-z
8. M. Auer, A. Axelsson, X. Blanchard, T.W. Bowyer, G. Brachet, I. Bulowski, K. Elmgren, J.P. Fontaine, W. Harms, J.C. Hayes, T.R. Heimbigner, J.I. McIntyre, M.E. Panisko, Y. Popov, A. Ringbom, H. Sartorius, S. Schmid, J. Schulze, C. Schlosser, T. Taffary, W. Weiss & B. Wemsperger. Intercomparison experiments of systems for the

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		65

measurement of xenon radionuclides in the atmosphere. //Applied Radiation and Isotopes 60, 863-877, 2004.

9. Kalinowski M.B., Tuma M., Global Xenon Emission Inventory// конференція по моніторингу ізотопів ксенона в інтересах ДВЗЯИ, Лас Вегас, СТТТА, ноябрь 2007. Сб. докладов СТВТО ООН, ДВЗЯИ, Вена, 2007.

10. Постанова Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 р. N 368 «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями».

11. Закон України „Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку”

12. Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання».

13. Положення про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру, затверджене постановою КМ України від 3 серпня 1998 р. № 1198.

14. План реагування на надзвичайні ситуації державного рівня, затверджений постановою КМ України від 16 листопада 2001 р. № 1567

15. Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1997 № 62 "Про введення в дію Державних гігієнічних нормативів "Норми радіаційної безпеки України" (НРБУ-97);

16. Наказ Державного комітету ядерного регулювання України та МНС України від 17.05.04 №87/211 «Про затвердження Плану реагування на радіаційні аварії.»

17. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту /роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» за напрямом підготовки 05.13.01 – «Хімічна технологія» спеціальність 7.05130106 «Природоохоронні хімічні технології» / Уклад. О.В. Тарахно, В.Д. Калугін, М.А. Чиркіна . – Х. : НУЦЗУ, 2015 . – 38 с.

					НУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		66

ДОДАТКИ

					<i>ЛУЦЗУ.2. 25-13-135.СХтаХТ.РПЗ-01</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>67</i>