

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГОВЫЙ
КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНОСТИ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ**

Корбан В.Х., Корбан Д.В., Дегтярёва Л.Н., Войтюшенко В.И.

*Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова,
65029, Украина, г.Одесса, ул. Кузнечная, 1
kafedra.autp@onat.edu.ua*

**АВТОМАТИЗОВАНИЙ РАДИОЛОКАЦІЙНИЙ МОНИТОРИНГОВИЙ
КОМПЛЕКС КОНТРОЛЮ РАДИОАКТИВНОСТІ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

Корбан В.Х., Корбан Д.В., Дегтярьова Л.М., Войтюшенко В.І.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова,
65029, Україна, м.Одеса, вул. Ковальська, 1
kafedra.autp@onat.edu.ua*

**AUTOMATED RADAR MONITORING SYSTEMS
TO CONTROL RADIOACTIVE AIR IN UKRAINE**

Korban V.Kh., Korban D.V., Degtjarjeva L.N., Voytyushenko V.I.

*O.S.Popov Odessa national academy of telecommunicationcs,
1 Kovalska St., Odessa, 65029, Ukraine.
kafedra.autp@onat.edu.ua*

Аннотация. Обоснован принцип построения автоматизированного радиолокационного мониторингового комплекса дистанционного контроля радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха на территории Украины с использованием поляризационной селекции эхо-сигналов от радиоактивного объема атмосферы и представлением концентрации радиоактивного аэрозоля в радиолокационном объеме в псевдоцветах.

Ключевые слова: поляризация, радиоактивный объем, радиоактивный аэрозоль, концентрация.

Анотація. Обґрунтований принцип побудови автоматизованого радіолокаційного моніторингового комплексу дистанційного контролю радіоактивного забруднення атмосферного повітря на території України з використанням поляризаційної селекції ехо-сигналів від радіоактивного об'єму атмосфери і поданням концентрації радіоактивного аерозолю в радіолокаційному об'ємі в псевдокольорах.

Ключові слова: поляризація, радіоактивний об'єм, радіоактивний аерозоль, концентрація.

Abstract. Sound principles of construction of an automated radar monitoring systems Remote monitoring of radioactive contamination of air in Ukraine using polarization selection echoes from radioactive volume of the atmosphere and the presentation of the concentration of radioactive aerosol in the radar scope in pseudocolor.

Key words: polarization, radioactive volume, radioactive aerosol, concentration.

Наличие объектов ядерной энергии с их технологическими и аварийными выбросами в атмосферу радиоактивного аэрозоля предопределяет создание единой автоматизированной дистанционной радиолокационной системы обнаружения и распознавания радиоактивного аэрозоля в атмосфере, его концентрации и координат переноса.

К настоящему времени известны некоторые решения указанной проблемы с использованием дистанционных радиолокационных методов контроля радиоактивности атмосферного воздуха [1, 2, 3].

Имеется также сообщение об обнаружении технологических выбросов Ленинградской АЭС г. Сосновый бор и АЭС «Олкилуото» г. Раума, Финляндия на расстоянии 5 км от атомной электростанции. Радиолокационным комплексом RIDIM, включающим метеонавигационный радиолокатор А-813 «Контур» и информационно-вычислительную

систему, реалізуючу технологію обробки радіолокаційних ехо-сигналів і систему отображення результатів комп'ютерної обробки отриманої інформації [4]. При цьому перевищення потужності ехо-сигналу над потужністю шуму становить приблизно 30 дБ.

На міжгалузевому семінарі в Головної геофізическої обсерваторії ім. А.І. Воейкова (г. Санкт-Петербург, Росія) 27 лютого 1997 року були розглянуті результати теоретических і експериментальних досліджень можливості радіолокаційного виявлення і прослідкування радіоактивних викидів АЕС некогерентними амплітудними метеорологіческими радарними станціями. В висновку наукового семінара вказано, що виявлення радіоактивного аерозолю, некогерентними амплітудними МРЛС із-за недостатньої величини ЕПР, рівної 10^{-28} м^2 , дуже малих значень відношення сигнал/шум навіть на відстані менше двох кілометрів є проблематичним [5].

Дистанційний радіолокаційний контроль радіоактивного стану атмосферного повітря над територією України до нинішнього часу не проводиться в зв'язі з відсутністю промислового виготовлення радіолокаційної апаратури з поляризаційною селекцією ехо-сигналів і керівних документів по виробництву такого контролю.

Радіолокаційні поляриметри розміщуються на базі обласних Гідрометцентрів України і працюють за єдиною програмою спостережень з об'єднанням в центральне обчислювальне керуюче ядро з допомогою магістральних ліній зв'язу і відповідних засобів управління, процесорів і єдиного мови програмування. В вказаній комплексі радіолокаційні поляриметри заміняють мережеві МРЛ-5 і поряд з контролем радіоактивності атмосферного повітря ефективно можуть виконувати завдання штормового оповіщення і метеобезпечення. Кількість радіолокаційних метеорологіческих поляриметрів визначається із вимог повного покриття основних промислових і сільськогосподарських районів і авіатрас з урахуванням метеорологіческого радіуса зони відповідальності кожного поляриметра.

Дослідження по використанню некогерентних метеорологіческих радарів, виконані в [6, 7], показали, що радіолокаційне виявлення, розпізнавання і вимірювання концентрації радіоактивного аерозолю в атмосфері може бути засновано на використанні поляризації як інформативного параметра електромагнітної хвилі.

З урахуванням аналізу досліджень, виконаних по використанню дистанційних методів і радіолокаційної апаратури контролю радіоактивності атмосферного повітря, а також з відсутністю такого контролю радіоактивності на території України, основною **цілью статті** є обґрунтування принципу побудови автоматизованого радіолокаційного моніторингового комплексу дистанційного контролю радіоактивного забруднення атмосфери. Базовими метеорологіческими радарними станціями можуть використовуватися радіолокаційні поляриметри з повним аналізом поляризаційної структури ехо-сигналів.

Експериментальний макет радіолокаційного поляриметра був використаний для дистанційного контролю аварійного і технологіческого режимів роботи Южно-Української АЕС. Результати проведеного контролю наведені в цій статті.

При розміщенні радіолокаційних поляриметрів по території України важливе значення набуває розмір зон покриття, в яких радіолокаційне спостереження ведеться з декількох радарів.

Так як радіолокаційні метеорологіческі поляриметри будуть призначені для виявлення і розпізнавання не тільки радіоактивного аерозолю в атмосфері, але також для виявлення і розпізнавання небезпеческих явищ погоди, то з урахуванням ймовірності їх виявлення не менше 95 % і ймовірності виявлення і розпізнавання радіоактивного аерозолю 99...100 % радіус дії радіолокаційного поляриметра встановлюється в наступних діапазонах в відповідності з вимогами Гідрометцентру України:

- 150...200 км – *Cb* с грозой и градом;
- 90...120 км – *Cb* с ливневым дождем и снегом;
- 50 км – *Cu cong.* без осадков;
- 120 км – слоисто-дождевые облака летом;
- 60 км – слоисто-дождевые облака зимой;
- до 60 км – облачные морозящие осадки летом;
- до 30 км – облачные морозящие осадки зимой;
- до 20 км – облака всех форм без осадков;
- до 60 км – радиоактивный аэрозоль в атмосфере без облаков и осадков.

Ограничивающими факторами обнаружения являются кривизна Земли и ослабление радиоволн в газах, облаках и осадках. Для автоматизированной обработки эхо-сигналов вся аналоговая информация переводится в цифровую, для чего весь просматриваемый объем пространства разделяется на элементарные дискретности дальности с учетом ширины диаграммы направленности антенны (ДНА) и пространственной протяженности излучаемого импульса или ячейки. Причем необходимо использовать особенно при измерении концентрации радиоактивного аэрозоля в ячейках дальности прямоугольную систему координат, в которой размер ячейки не зависит от дальности, т.е. они имеют одинаковый размер на всех удалениях от радиолокационного поляриметра. Осреднение ячейки по дальности и азимуту осуществляется компьютерной программой.

При радиолокационном обнаружении и распознавании радиоактивного аэрозоля следует обеспечить обязательные этапы обработки радиолокационной информации с помощью программных средств в специализированных ЭВМ, т.е.:

- определить режим обзора пространства с периодичностью обновления информации 3 мин.;
- провести первичную обработку информации;
- разработать алгоритм и сформировать с его помощью оптимальный объем информации и получить объективные пространственные, временные и количественные данные;
- осуществить представления полученной информации в цветном изображении на индикаторах радиолокатора и дисплее компьютера;
- передать информацию в соответствующие центры и осуществить ее хранение в течении установленного срока.

Программное обеспечение может быть реализовано в виде комплекта 32-разрядных приложений, как это выполнено, например, в АМРК «Метеоячейка», работающих под управлением ОС Windows NT-4,0 в локальной вычислительной сети или в Windows 95/98/2000.

Компьютерная программа может обеспечить пространственное разрешение 128×128 элементов по горизонтали и 15 слоев по вертикали с размером от 1 до 4 км по горизонтали и от 0,5 до 1,5 км по вертикали. По заданному алгоритму после обнаружения радиоактивного аэрозоля производится его распознавание с использованием одного или четырех поляризационных параметров Стокса [7]. Затем в каждой ячейке радиоактивного объема измеряется концентрация радиоактивного аэрозоля.

По результатам радиолокационных наблюдений одного или, при большом пространственном объеме перемещающегося радиоактивного аэрозоля, нескольких радиолокаторов составляются в полярной стереографической проекции стыковочные композитные карты для наблюдаемой территории с нанесением на них концентрации выпадающего на подстилающую поверхность радиоактивного аэрозоля в псевдоцветах – синем, желтом и красном, и цифрах кода, соответствующих неопасной – 3, предельной – 4 и опасной концентрации – 5.

Композитная карта составляется на ЭВМ в масштабе, который соответствует существующему на гидрометеосети масштабу синоптических карт по ячейкам пространства

60×60 км или 30×30 км. Особое внимание должно придаваться информации на композитных картах в районах функционирования АЭС с нанесением на них плана местности в ячейках пространства 30×30 км.

Для передачи метеоинформации используется существующий для передачи радиолокационных данных код RADOV о радиоактивном загрязнении местности в результате сухого или влажного выпадения радиоактивного аэрозоля, используется отличительный код RADOV, с помощью которого составляется телеграмма о радиоактивном загрязнении атмосферы [5]:

54333; $\frac{\text{Пiii}}{\text{фф}\lambda\lambda}$; $G_m G_m$, qqr, 99999, $A_3 A_3 A_{33} RR$, $mD_1 D_1 D_2 D_2$, $ННН P_m M$, $Aa\alpha ff$,
88888, $N_c nn$, $A_0 A_0$.

Группа 1 – (54333) – отличительная группа, указывающая на сообщение радиолокационных данных о радиоактивном аэрозоле в атмосфере или о радиоактивных облаках и осадках.

Группа 2 – (Пiii) – координаты установки радиолокационного поляриметра; фф – широта; $\lambda\lambda$ – долгота.

Группа 3 – ($C_m C_m$) – время (в часах, киевское, декретное); qq – минуты; p – полнота передаваемых данных кодируется по шкале:

– передается вся информация о радиоактивном состоянии атмосферы (чистая, облака и осадки);

– передается информация о радиоактивных облаках;

– передается информация о радиоактивном аэрозоле в чистой атмосфере.

Группа 4 – (99999) – отличительная группа, после которой передаются сведения о радиоактивном объеме атмосферы.

Группа 5 – ($A_3 A_3 A_{33} RR$) – 333 – азимут центра радиоактивного объема в градусах; RR – дальность от центра радиоактивного объема до радиолокатора в км.

Группа 6 – ($mD_1 D_1 D_2 D_2$) – m – масштаб ИКО, кодируется 0...25 км, 1...50 км, 2...100 км, 3...200 км, 4...300 км; $D_1 D_1$ – горизонтальные размеры радиоэха радиоактивного объема в радиальном направлении (км); $D_2 D_2$ – горизонтальные размеры радиоэха радиоактивного объема в тангенциальном направлении (км).

Группа 7 – ($ННН P_m M$) – ННН – вертикальная протяженность радиоэха радиоактивного объема в сотнях метров; P_m – максимальное значение концентрации радиоактивного аэрозоля согласно табл.1:

Таблица 1

| Цифра кода | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| P, км/м ² | $2,2 \cdot 10^{-9}$ | $3,3 \cdot 10^{-9}$ | $1,1 \cdot 10^{-8}$ | $1,26 \cdot 10^{-8}$ | $1,54 \cdot 10^{-8}$ | $2,39 \cdot 10^{-8}$ |

M – тенденция изменения концентрации радиоактивного аэрозоля:

1 – увеличивается;

2 – без изменений;

3 – уменьшается.

Группа 8 – ($Aa\alpha ff$) – A – тенденция изменения скорости перемещения радиоактивного объема:

1 – скорость перемещения увеличивается;

2 – скорость перемещения без изменений;

3 – скорость перемещения убывает;

aa – направление перемещения в десятках градусов (куда движется);

ff – скорость перемещения в км/ч.

Группа 9 – (88888) – отличительная группа, после которой передаются сведения о радиоактивных осадках по следу движения радиоактивного облака.

Группа 10 – ($N_c nn, A_0A_0$) – N_c - номер сектора на ИКО; nn – номер квадрата в секторе; 00 – мгновенная интенсивность радиоактивных осадков в мм/ч, усредненная за интервал времени 15 мин.

Количество радиолокационных метеорологических поляриметров для радиолокационного наблюдения воздушного пространства Украины равняется количеству областей плюс метеорологические радиолокаторы центральных аэропортов, которые в случае выхода из строя сетевого, используются в качестве вспомогательных, которые будут работать по полной программе метеонаблюдений с учетом обнаружения и распознавания радиоактивного аэрозоля в атмосфере.

Структурная схема автоматизированного радиолокационного мониторингового комплекса контроля АРМК радиоактивности атмосферного воздуха представлена на рис. 1.

В состав АРМК входят 24 основных однотипных радиолокационных метеорологических поляриметров и средства автоматизации получения, обработки, представления и передачи радиолокационной информации, включающие устройства предварительной обработки эхо-сигналов (УПОС) на базе персональной специализированной ЭВМ, непосредственно управляющие радиолокационными метеорологическими поляриметрами и выполняющие всю предварительную обработку информации с последующей ее передачей в центральную систему (ЦС АРМК) для выполнения ее анализа, архивации, визуализации и передачи потребителям.

Автоматизированная система в процессе работы осуществляет непрерывный контроль всех устройств и при необходимости сигнализирует о неисправностях в работе. Рабочие станции потребителей на базе персональных ЭВМ (РПК) работают в среде Windows 95/98/2000.

Программное обеспечение АРМК может быть реализовано в виде комплекта 32-разрядных приложений (таких как в метеоячейке), работающих под управлением ОС Windows NT-4,0 в локальной вычислительной сети (ЛВС).

Принцип построения радиолокационного поляриметра, входящего в состав автоматизированного радиолокационного мониторингового комплекса РМП, рассмотрен авторами в [6], а дистанционные методы обнаружения и распознавания радиоактивного аэрозоля в безоблачной атмосфере в [7].

Приведем результаты экспериментального дистанционного радиолокационного обнаружения и распознавания радиоактивного аэрозоля в атмосферном воздухе и измерение его концентрации, которое было приведено в районе функционирования Южно-Украинской АЭС с помощью экспериментального макета радиолокационного поляриметра.

Конструктивные особенности радиолокационного поляриметра (рис. 2) позволили излучать электромагнитную волну любой поляризации, а принимать две ортогональные составляющие отраженной волны с измерением их амплитуд и разности фаз между ними. Исходными параметрами поляриметра являются энергетические параметры Стокса и дифференциальная фаза.

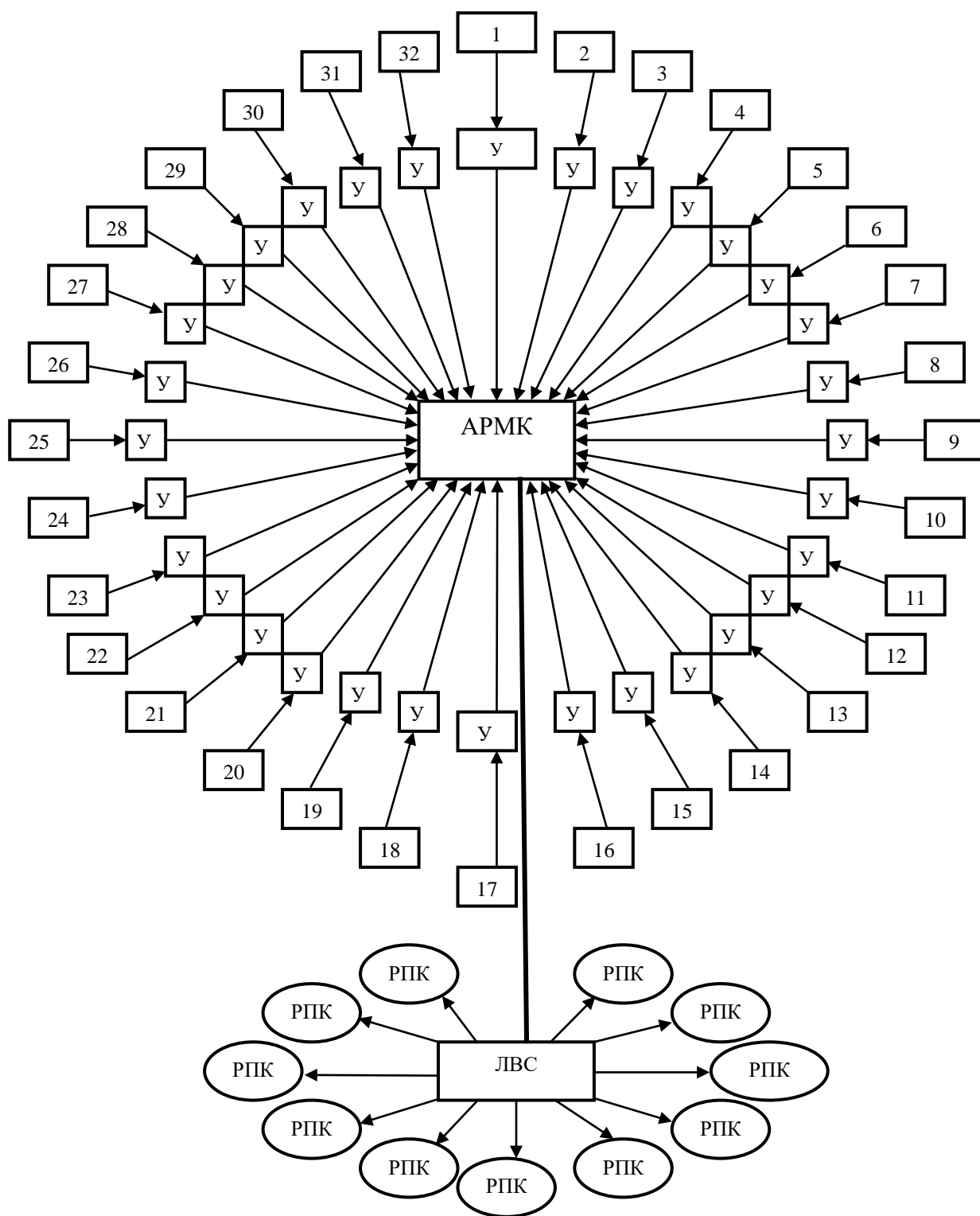
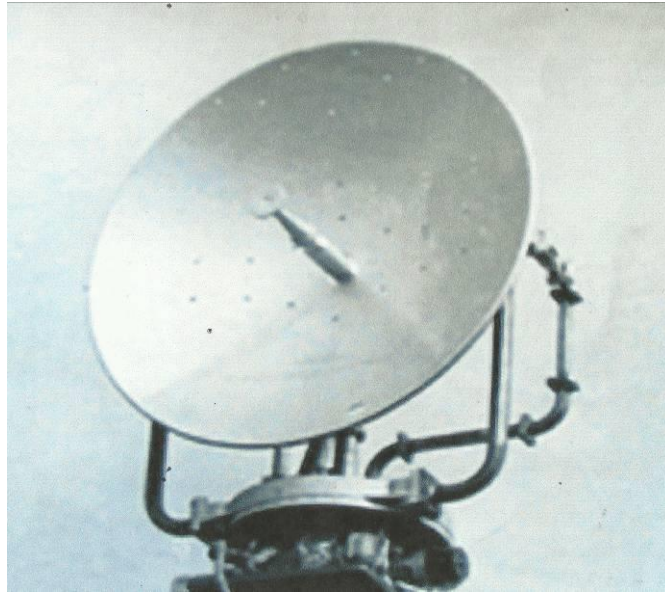
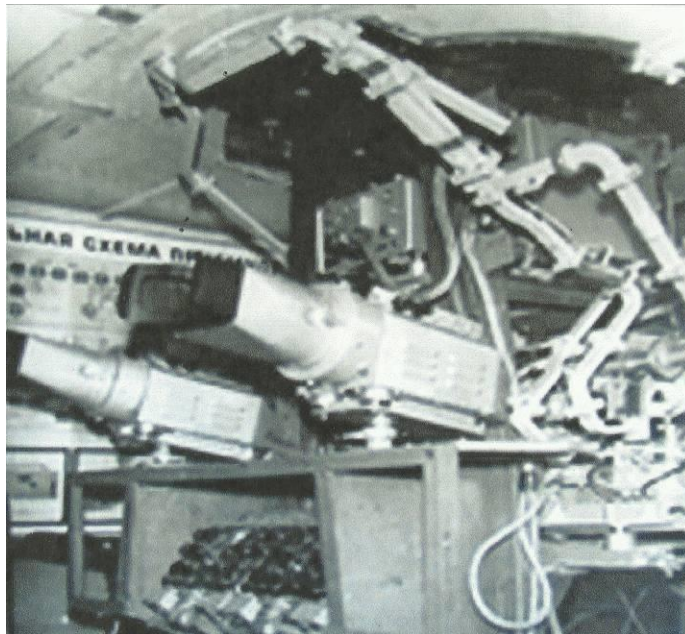


Рисунок 1 – Структурная схема АРМК: У – устройство предварительной обработки эхо-сигналов; 1 – 32 – радиолокационные метеорологические поляриметры; РПК – рабочий персональный компьютер



а)



б)

Рисунок 2 – Поляризаційна МРЛС:

а) вид антени спереди; б) розміщення апаратури в кабіні МРЛ

Енергетическа волна на излучение и прием задавалась с помощью энергетических параметров Стокса, которые записываются в виде матрицы:

$$[S_{\text{изл}}] = \begin{bmatrix} I_{\text{изл}} \\ Q_{\text{изл}} \\ U_{\text{изл}} \\ V_{\text{изл}} \end{bmatrix}, \quad [S_{\text{пр}}] = \begin{bmatrix} I_{\text{пр}} \\ Q_{\text{пр}} \\ U_{\text{пр}} \\ V_{\text{пр}} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

а отражающие свойства турбулентного радиоактивного объема представим в виде матрицы T , которая состоит из 16 коэффициентов

$$[T] = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Тогда связь между излучаемой и отраженной волнами и характеристиками объекта запишется в виде произведения приведенных матриц

$$[S_{\text{пр}}] = [T] \cdot [S_{\text{изл}}] \quad (3)$$

или в развернутом виде

$$\begin{bmatrix} I_{\text{пр}} \\ Q_{\text{пр}} \\ U_{\text{пр}} \\ V_{\text{пр}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{\text{изл}} \\ Q_{\text{изл}} \\ U_{\text{изл}} \\ V_{\text{изл}} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Перемножение матриц дает четыре линейные уравнения

$$\begin{aligned} I_{\text{пр}} &= T_{11} I_{\text{изл}} + T_{12} Q_{\text{изл}} + T_{13} U_{\text{изл}} + T_{14} V_{\text{изл}} ; \\ Q_{\text{пр}} &= T_{21} I_{\text{изл}} + T_{22} Q_{\text{изл}} + T_{23} U_{\text{изл}} + T_{24} V_{\text{изл}} ; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} U_{\text{пр}} &= T_{31} I_{\text{изл}} + T_{32} Q_{\text{изл}} + T_{33} U_{\text{изл}} + T_{34} V_{\text{изл}} ; \\ V_{\text{пр}} &= T_{41} I_{\text{изл}} + T_{42} Q_{\text{изл}} + T_{43} U_{\text{изл}} + T_{44} V_{\text{изл}} . \end{aligned}$$

Для получения 16 коэффициентов матрицы необходимо провести четыре измерения параметров Стокса отраженной волны, а радиоактивный объем облучить последовательно электромагнитными волнами линейной горизонтальной, линейной вертикальной, линейной с наклоном вектора под углом 45° и круговой поляризации (возможны и другие комбинации). Тогда матрица рассеяния турбулентного радиоактивного объема запишется в виде:

$$[T] = \begin{bmatrix} \frac{I^{90^\circ} + I^{0^\circ}}{2} & \frac{I^{90^\circ} - I^{0^\circ}}{2} & I^{45^\circ} - T_{11} & I^{kn} - T_{11} \\ \frac{Q^{90^\circ} + Q^{0^\circ}}{2} & \frac{Q^{90^\circ} - Q^{0^\circ}}{2} & Q^{45^\circ} - T_{21} & Q^{kn} - T_{21} \\ \frac{U^{90^\circ} + U^{0^\circ}}{2} & \frac{U^{90^\circ} - U^{0^\circ}}{2} & U^{45^\circ} - T_{31} & U^{kn} - T_{31} \\ \frac{V^{90^\circ} + V^{0^\circ}}{2} & \frac{V^{90^\circ} - V^{0^\circ}}{2} & V^{45^\circ} - T_{41} & V^{kn} - T_{41} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Наблюдение проводилось в безоблачной атмосфере, температура приземного слоя составляла $25...35^\circ\text{C}$. Выброс ^{41}Ar и ^{131}I осуществлялся с труб первой 1 – 3-й, а ^{131}I только с четвертой трубы (в соответствии с техническими условиями эксплуатации АЭС). Расстояние между 1 и 2-й трубами – 200 м, между 2 и 3-й и между 3 и 4-й – 1 км. Господствующее направление ветра ЗСЗ, среднегодовая скорость – 2,8 м/с. Высота 1, 2 и 3-й труб – 100 м, а 4-й – 80 м. Диаметр устья труб – 4 м.

Среднегодовая концентрация выброса ^{41}Ar составляет $4 \cdot 10^{-9} \text{ Ки}/\text{л}^3$ для труб 1, 2-й и $5 \cdot 10^{-9} \text{ Ки}/\text{м}^3$ для 3-й трубы, а радиоактивного йода ^{131}I – $15,2 \cdot 10^{-2} \text{ Ки}/\text{м}^3$ для 1 – 3-й труб и $3,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ки}/\text{м}^3$ для 4-й трубы для технологического режима работы АЭС.

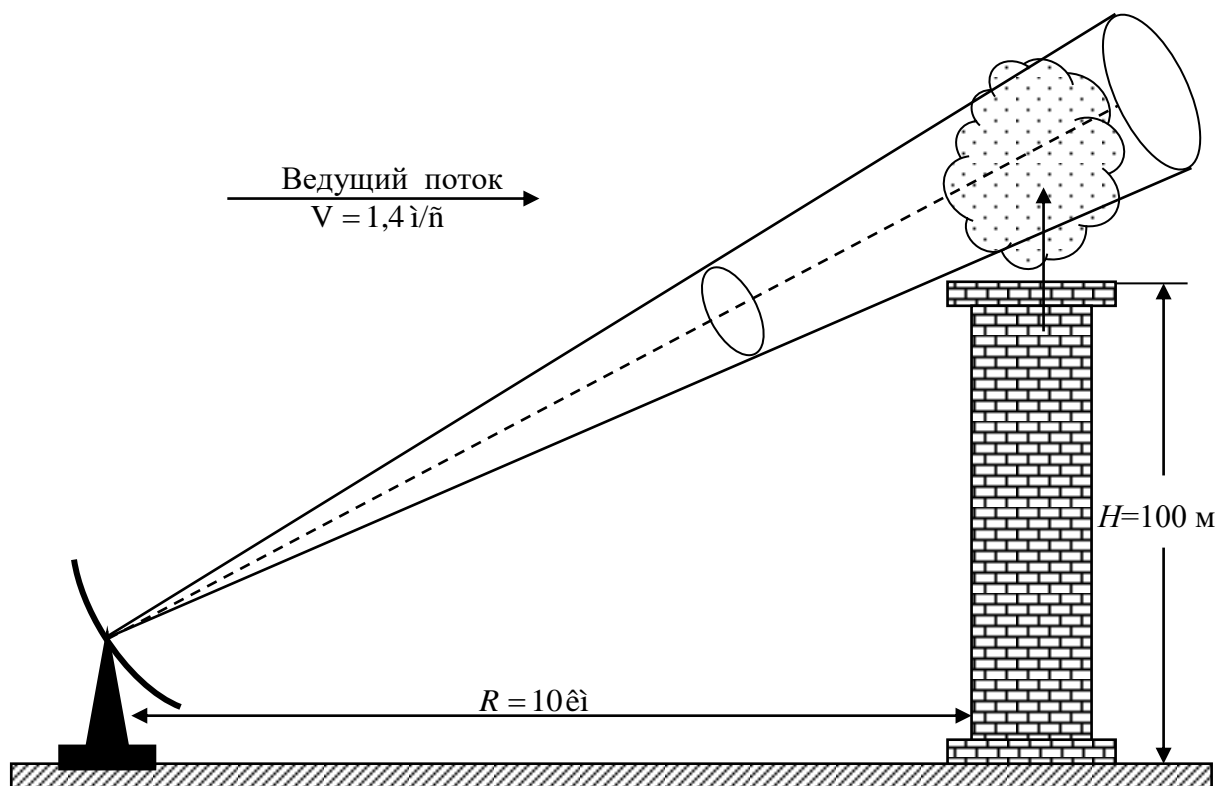


Рисунок 3 – Размещение РЛС на местности

Радиолокационные наблюдения за выбросами из четырех труб Южно-Украинской АЭС проводились 9 суток по 10 минут каждого часа с 8 по 15 июля 1990 года. Радиолокационный поляриметр находился на расстоянии 10 км от труб АЭС. Во время наблюдений диаграмма направленности антенны устанавливалась выше труб АЭС так, чтобы отраженный от них сигнал отсутствовал на индикаторе РЛС (рис. 3).

Так как 1 и 2-я трубы находятся на расстоянии, не превышающем четырех их высот, поэтому они сведены в одну трубу. В связи с тем, что с 1, 2 и 3-й труб выбрасывался ^{41}Ar и ^{131}I , а с 4-й трубы только ^{131}I , то измерения проводились сначала над трубами 1, 2 и 3-й, а затем над 4-й по 10 минут каждый час.

При этом регистрировались усредненные параметры Стокса на индикаторах ИКО и ИДВ нормированные к первому параметру, их мгновенные значения с помощью аппаратуры по импульсной регистрации и разности фаз как усредненная, так и мгновенная между каждыми импульсами. По значениям дифференциальной фазы на экране монитора ПЭВМ определялась концентрация радиоактивного аэрозоля, выбрасываемого из вентиляционных труб АЭС (рис. 4, 5, 6, 7).

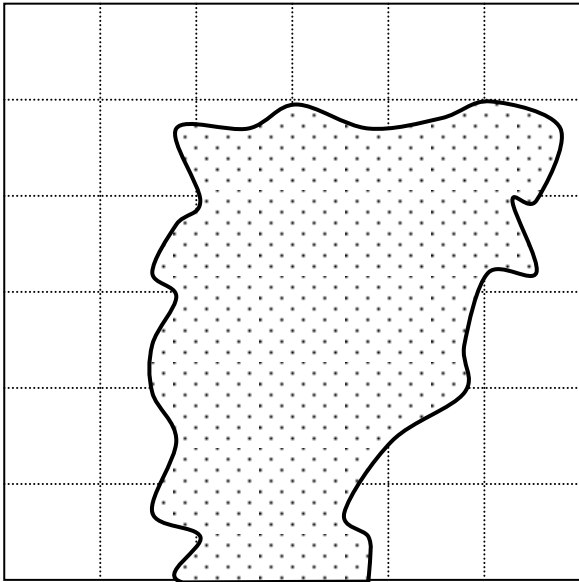


Рисунок 4 – Концентрация радиоактивного аэрозоля 13 июля 1990 г.
($\bar{D} = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ Еи л}^{-3}$, 1 и 2-й трубы)

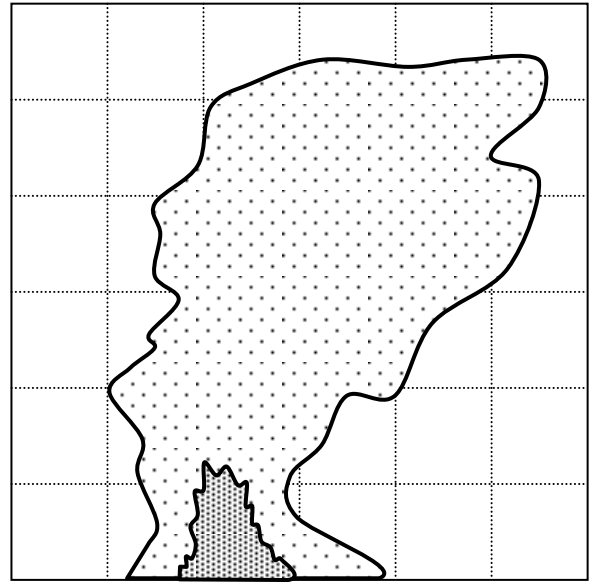


Рисунок 5 – Концентрация радиоактивного аэрозоля 13 июля 1990 г.
($\bar{D}_1 = 3,3 \cdot 10^{-9} \text{ Еи л}^{-3}$, $\bar{D}_2 = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ Еи л}^{-3}$, 3-я труба)

По полученным значениям параметров Стокса вычислялись коэффициенты матрицы Стокса для каждой реализации и проведены вертикальные разрезы атмосферы над вентиляционными трубами АЭС.

Анализ матрицы рассеяния турбулентного объема над трубами АЭС и вертикальных разрезов атмосферы показал, что 15 июля 1990 года в атмосферном воздухе присутствовал радиоактивный аэрозоль. Он характеризует аварийный режим работы АЭС, так как значения коэффициентов матриц рассеяния при неизменных метеорологических условиях существенно отличаются от значений, полученных за период с 8 июля по 15 июля 1990 года.

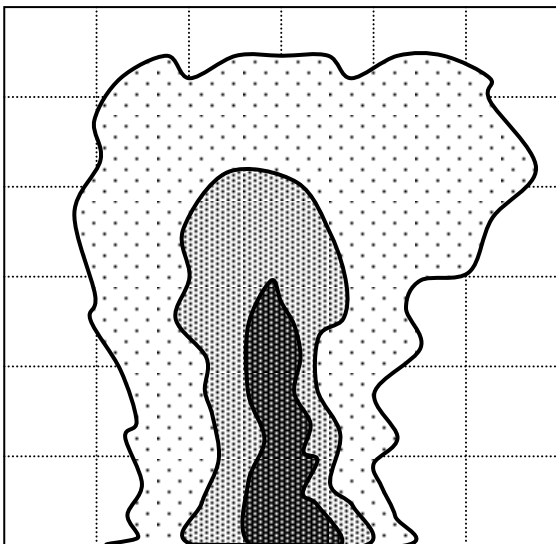


Рисунок 6 – Концентрация радиоактивного аэрозоля 15 июля 1990 г. ($\bar{D}_1 = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ Еи л}^{-3}$, $\bar{D}_2 = 1,26 \cdot 10^{-8} \text{ Еи л}^{-3}$, $\bar{D}_3 = 1,69 \cdot 10^{-8} \text{ Еи л}^{-3}$ в $24^{00} - 24^{10}$, 1 и 2-й трубы)

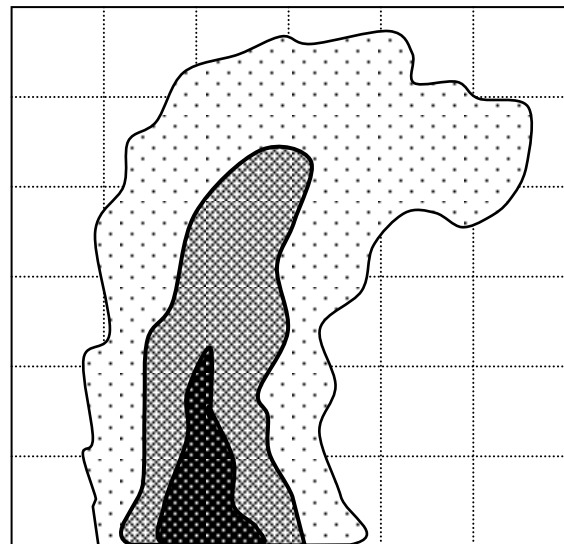


Рисунок 7 – Концентрация радиоактивного аэрозоля 15 июля 1990 г. ($\bar{D}_1 = 2,37 \cdot 10^{-9} \text{ Еи л}^{-3}$, $\bar{D}_2 = 1,25 \cdot 10^{-8} \text{ Еи л}^{-3}$, $\bar{D}_3 = 2,39 \cdot 10^{-8} \text{ Еи л}^{-3}$ в $24^{00} - 24^{10}$, 3-я труба)

Полученные радиолокационные параметры Стокса, были также использованы для распознавания радиоактивного аэрозоля в атмосферном воздухе. Как признак распознавания использовали четвертый параметр Стокса (можно любой из четырех), т.е.

$$0,5 V^2 + 2V - 7 \geq \ln \frac{0,4}{0,36} .$$

Решая неравенство, находим $V_{1\hat{\epsilon}\delta} = -6,22$, $V_{2\hat{\epsilon}\delta} = 2,22$. Значение $V_{1\hat{\epsilon}\delta} = -6,22$ отвергаем за физическим содержанием. Получаем критериальные значения четвертого параметра Стокса $V_{2\hat{\epsilon}\delta} = 2,22$, с которым и сравниваем измеренные с помощью РЛС значения четвертого параметра Стокса. Сравнивая полученные выборочные характеристики за период с 8 июля по 15 июля 1990 года с $V_{\hat{\epsilon}\delta}$, принимаем решение, что 15 июля 1990 года в атмосферном воздухе присутствовал радиоактивный аэрозоль.

Одновременно с измерением параметров Стокса с помощью радиолокационного поляриметра за указанный период проводились измерения разности фаз электромагнитной волны. Обратное рассеяние обусловлено флуктуациями диэлектрической проницаемости радиоактивного турбулентного объема, а фаза принятого сигнала пропорциональна структурному параметру C_{ϵ}^2 . Этот коэффициент перехода определяет концентрацию радиоактивной примеси, которая выбрасывается из труб АЭС. Тогда измерив, разность фаз отраженного сигнала, можно получить величину концентрации радиоактивной примеси.

Таким образом, выполненный в статье анализ существующих дистанционных радиолокационных комплексов контроля экологического состояния атмосферы показал, что имеются отдельные радиолокационные системы, исследовательского характера, использующие различную методику радиоактивного контроля состояния атмосферы. Разработана единая система контроля радиоактивности атмосферного воздуха, основанная на использовании радиолокационных метеорологических поляриметров с поляризационной селекцией радиолокационных сигналов, позволяющая в автоматическом режиме осуществлять обнаружение, распознавание и измерение концентрации радиоактивного аэрозоля в атмосфере. Разработана функциональная схема автоматизированного радиолокационного мониторингового комплекса радиолокационного контроля атмосферы для территории Украины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Буданов М. П. Перспективы развития методов и средств контроля радиационной обстановки на территории АЭС / М. П. Буданов, П. Ф. Буданов, Б. А. Демидов // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил ім.І.Кожедуба. – 2008. – Вип. 1(16). – С. 129-132.
2. Якубов В. П. Контроль уровня радиоактивности по измерению интенсивности флуктуаций фонового радиотеплового излучения АЭС / В. П. Якубов, С. Н. Ковтун, Д. В. Лосев // Радиоэлектроника. – 2000. – № 7. – С. 19-21.
3. Протасевич Е.Т. Методы определения радиоактивного загрязнения среды по свечению воздуха. Оптика атмосферы и океана. – 1994. – Т.7. - № 5. – С. 667-670.
4. Асанов В. Д. Результаты испытаний стационарного и мобильного комплексов аппаратуры RIDIM в режиме мониторинга атмосферных загрязнений / В. Д. Асанов, А. А. Белоусов, Д. Б. Канарейкин, В. С. Блюм // Труды Всероссийского симпозиума «Радиолокационное исследование природных сред». – Санкт-Петербург, 1998. – Вип. 1. – С.194-206.
5. Применение радиолокационных данных, аэрологической и метеорологической информации для оценки аэрозольного радиоактивного загрязнения при аварийных ситуациях на АЭС (на примере Чернобыльской АЭС); под общей ред. В. Д. Степаненко. – Санкт-Петербург, 1997. – 45 с.
6. Корбан В. Х. Функціональні можливості метеорологічного радіолокаційного поляриметра / В. Х. Корбан, Л. М. Дегтярьова, Д. В.Корбан // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2012. – № 11. – С.110-135.
7. Корбан В. Х. Радиолокационный мониторинг состояния атмосферы в районе функционирования АЭС и других ядерных объектов / В. Х. Корбан, Д. В. Корбан, Л. Н.Дегтярева. // Сб. научн. тр. АН Украины «Системы контроля окружающей среды». – Севастополь: МГИ, 2011. – Вып. 15. – С.310-319.

REFERENCES:

1. Budanov, M.P. "Prospects of development of methods and control means of radiation situation on the territory of NPP." *Collected Works of Kharkiv University of Air Force im.I.Kozheduba*. №1(16) (2008):129-132.
2. Yakubov, V.P. "Control of the level of radioactivity on the measurement of the intensity fluctuations radiothermal background radiation NPP." *Radioelectronics*. № 7 (2000):19-21,
3. Protasevich E.T. "The methods for determination of radioactive contamination of the environment from the emission of air. Atmospheric and Oceanic Optics." № 5 (1994):667-670.
4. Assanov, V.D. "The test results of stationary and mobile equipment RIDIM complexes in monitoring mode atmospheric pollution." *Proceedings of the All-Russian Symposium "Radar studies of natural environments."* №1 (1998):194-206.
5. "The use of radar data, aerological and meteorological information for the estimation of aerosol radioactive contamination at emergencies at NPP." *Under the general editorship Stepanenko V.D.* (1997) 45.
6. Korban V.Kh. "The functionality of the meteorological radar polarimeter." *Proc. of the O.S.Popova ONAT* № 11 (2012):110-135.
7. Korban V.Kh. "Radar monitoring of the state of the atmosphere in the vicinity of the operation of NPP and other nuclear facilities." *Proc. of the Academy of Sciences of Ukraine"Environmental Management System."* №15 (2011):310-319.