РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ В РАЙОНЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АЭС И ДРУГИХ ЯДЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

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

Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова
г.Одесса, ул.Кузнечная,

В статье показана возможность радиолокационного контроля состояния атмосферы в районах функционирования АЭС и других ядерных объектов.

Введение. Проведя анализ возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера начиная с 2000по 2010 год, можно сделать вывод о том, что по данным МЧС их количество не уменьшается. Например, в 2005 году возникло по данным МЧС 129 чрезвычайных ситуаций природного характера, что на 29 % больше, чем в 2004 году. Из них метеорологического характера – 24, геологического – 11, гидрологического – 2. наиболее уязвимыми были Закарпатская, Ивано-Франковска, Львовская, Черновицкая и Хмельницкая области, АР Крым, Николаевская, Одесская обл. и др. За тот же период зарегистрировано 212 чрезвычайных ситуаций техногенного характера, что на 35,8 % больше, чем в 2004 году. Основными причинами, обуславливающими возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) являются:

1. Постоянное увеличение антропогенного влияния на окружающую среду.
2. Аномальные проявления атмосферных процессов.
3. Неудовлетворительное техническое состояние производственных объектов и др.

По данным ВМО наблюдается тенденция к увеличению нестабильности гидрометеорологических процессов в глобальном масштабе. Учитывая тот факт, что на Украине в различные ее регионах размещены действующие АЭС, увеличивается риск возникновения аварийных ситуаций под действием опасных гидрометеорологических явлений. В связи с этим актуальным является разработка дистанционных методов и технических средств, позволяющих при любых погодных условиях круглосуточно осуществлять мониторинг атмосферы в районе их функционирования, с измерением концентрации радиоактивного аэрозоля, выбрасываемого из вентиляционных труб АЭС, а также скорости и направления его переноса. Для решения указанной задачи необходимым являются проведения теоретических и экспериментальных исследований возможности осуществления дистанционного радиолокационного мониторинга.

Изложение основного материала статьи. Рассмотрим тропосферу в виде однородного диэлектрика при отсутствии в ней гидрометеоров и радиоактивных аэрозолей. Тропосфера является средой с развитой турбулентностью, интенсивность которой зависит от метеорологических условий. В настоящее время установлено, что процесс турбулентности с некоторым приближением можно считать стационарным. При этом коэффициент диэлектрической проницаемости тропосферы также будет изменяться случайным образом. В силу этого его можно представить в виде суммы двух составляющих

$$\varepsilon(x, y, z, t) = \overline{\varepsilon(x, y, z, t)} + \Delta\varepsilon(x, y, z, t), \qquad (1)$$

где $\overline{\varepsilon(x, y, z, t)}$ – среднее значение коэффициента диэлектрической проницаемости, $\Delta\varepsilon(x, y, z, t)$ – его отклонение от среднего значения, а x, y, z – координаты изменения коэффициентов диэлектрической проницаемости, t – время.

Теоретически и экспериментально показано, что флуктуационная часть коэффициента диэлектрической проницаемости удовлетворяет условию [1]:

$$\Delta\varepsilon(x, y, z, t) < 10^{-3},$$

а его среднее значение

$$\varepsilon(x, y, z, t) \approx 1$$

Рассмотрим радиолокационный объем тропосферы, на который падает плоская монохроматическая электромагнитная волна в направлении оси y декартовой системы координат. Амплитуда волны известна и равна единице. Электрическая и магнитная составляющие волны тогда запишутся в виде [1]

$$E_z = E_{z_o} \cos(\omega t - K_y)$$

$$H_x = H_{x_o} \frac{1}{z_o} \cos(\omega t - K_y), \quad (2)$$

где K_y – волновое число, равное

$$K_y = \omega\sqrt{\varepsilon_o \mu_o \mu}, \quad \mu = 1.$$

Радиофизическую модель безоблачной турбулентной тропосферы можно представить в виде уравнений Максвелла, связывающие ее параметры с параметрами электромагнитной волны, прошедшей через тропосферу. С помощью этой модели определим влияние неоднородного объема на параметры электромагнитной волны, считая, что в однородной среде поляризация волны не изменяется. Запишем уравнения Максвелла, связывающие составляющие электромагнитной волны в некоторой точке пространства [2]

$$\nabla \times E = -j\omega\mu_o H,$$

$$\nabla \times H = j\omega\varepsilon_o \varepsilon'(x, y, z) E,$$

$$\nabla\left[\varepsilon_o \varepsilon'(x, y, z) E\right] = 0,$$

$$\nabla \mu_o H = 0, \quad (3)$$

где $\mu_o = const$, ∇ – дифференциальный оператор.

Из третьего уравнения Максвелла следует, что

$$\nabla \times E = -\frac{1}{\varepsilon_o \varepsilon'(x, y, z)} E \nabla \varepsilon_o \varepsilon'(x, y, z), \quad (4)$$

а из второго уравнения Максвелла получим

$$\nabla \times \nabla \times H = \nabla\left(\nabla \cdot H\right) - \nabla H = j\omega\varepsilon_o\varepsilon'(x, y, z)\nabla E + j\omega\left[E \nabla \varepsilon_o \varepsilon'(x, y, z)\right]. \quad (5)$$

С учетом первого уравнения Максвелла, выражение (5) можно представить в виде:

$$\nabla \times \nabla \times \nabla H = \omega^2 \varepsilon_o \mu_o \varepsilon'(x, y, z) H + j\omega\left[E \nabla \varepsilon_o \varepsilon'(x, y, z)\right]. \quad (6)$$

В результате из (6) с учетом четвертого уравнения Максвелла получим

$$\nabla^2 H + \omega^2 \varepsilon_o \mu_o \varepsilon'(x, y, z) H = \frac{1}{\varepsilon'(x, y, z)} \nabla \times H \nabla \varepsilon'(x, y, z) , \qquad (7)$$

аналогично нетрудно получить

$$\nabla \left(\nabla E \right) = \nabla^2 E + \omega^2 \varepsilon_o \varepsilon'(x, y, z) \mu_o E . \qquad (8)$$

откуда окончательно имеем

$$\nabla^2 E + \omega^2 \varepsilon_o \varepsilon'(x, y, z) \mu_o E = - \nabla \left[\frac{E \varepsilon_o}{\varepsilon_0 \varepsilon'(x, y, z)} \cdot \varepsilon'(x, y, z) \right] . \qquad (9)$$

В результате такого представления уравнений Максвелла получаются исходные уравнения, интегрирование которых позволяет определить изменение поляризации волны при ее распространении в атмосфере. В принципе достаточно иметь одно из уравнений (7) или (9), из которых определяется соответствующая компонента волны (электрическая или магнитная). Вторая составляющая может быть определена по первой.

В результате представления полученных соотношений в виде составляющих вдоль выбранных координатных осей и проведения интегрирования получаем, что продольная составляющая поля волны будет равна

$$\Delta E_y = \frac{1}{4\pi} \iiint_V \tilde{A} \left[E_z \frac{1}{1 + \varepsilon'(x, y, z)} \cdot \frac{\partial \varepsilon'(x, y, z)}{\partial \xi} \right] d\xi' d\eta \, d\xi , \qquad (10)$$

а перекрестно-поляризованная составляющая поля волны, которая и будет определять собой изменение поляризации волны при ее прохождении сквозь турбулентную атмосферу, оказывается равной

$$\Delta E_x = \frac{1}{4\pi} \iiint_V \Gamma \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\frac{E_z}{1 + \varepsilon'(x, y, z)} \cdot \frac{\partial \varepsilon'(x, y, z)}{\partial \xi} + \right.$$
$$\left. + \frac{\Delta E_y}{1 + \varepsilon'(x, y, z)} \cdot \frac{\partial \varepsilon'(x, y, z)}{\partial \eta} \right] d\xi' d\eta \, d\xi . \qquad (11)$$

Используя (10) и (11) получим выражение для составляющих рассеянной волны, параллельной вектору поля падающей в виде:

$$\Delta E_z = \frac{1}{4\pi} \iiint_V \tilde{A} \left\{ \omega^2 \varepsilon_o \mu_o \varepsilon'(x, y, z) + \right.$$
$$\left. + \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\frac{E_z}{1 + \varepsilon'(x, y, z)} \cdot \frac{\partial \varepsilon'(x, y, z)}{\partial \xi'} \right] \right\} d\xi' d\eta \, d\xi \qquad (12)$$

Анализ (11) и (12) показывает, что первые части этих соотношений состоят из двух слагаемых, одно из которых определяет поле, обусловленное не турбулентной атмосферой, а второе – турбулентной. Причем, деполяризационная составляющая эхо-сигнала от турбулентного объема атмосферы появляется, только в том случае, когда

$$\frac{\partial \varepsilon'(x, y, z)}{\partial \xi} \neq 0 , \qquad (13)$$

при описании падающего поля магнитной составляющей и когда

$$\frac{\partial \varepsilon'(x, y, z)}{\partial \xi'} \neq 0 , \qquad (14)$$

при описании электрической составляющей.

Здесь x, y, z – координаты места установки МРЛС, в котором рассчитывается поле, а ξ', η, ξ – координаты турбулентного объема тропосферы, в котором имеется $\varepsilon'(x, y, z)$. Изменение поляризации отраженной волны происходит в результате изменения как амплитуды ортогональных составляющих волны, так и разности фаз между ними. Причем это изменение будет происходить только тогда, когда вектор электрического поля падающей волны на турбулентный объем атмосферы в котором есть изменение диэлектрической проницаемости с определенным градиентом, не ортогонален вектору градиента.

Практическое применение приведенной радиофизической модели тропосферы для радиолокационного распознавания технологического и аварийного режимов работы АЭС состоит в измерении поляризационных параметров отраженной от турбулентного объема электромагнитной волны, отличие которых и устанавливает состояние тропосферы в районе функционирования АЭС.

В качестве информативных поляризационных параметров мы используем коэффициенты матрицы Стокса [3]. Электромагнитную волну на излучение и прием будем представлять параметрами Стокса. Причем турбулентный объем тропосферы можно облучать волнами линейной, круговой или эллиптической поляризацией. Преимущество использования параметров Стокса заключается в том, что радиозондирование можно осуществлять некогерентными МРЛС, измеряющими две ортогональные составляющие отраженной электромагнитной волны и разность фаз между ними. И таким образом осуществляют процесс выделения волны с вполне определенной поляризацией. Поляризация и определяет закон изменения величины и направления вектора напряженности электрического (или магнитного) поля в данной точке турбулентного объема за период колебания несущей частоты. Практическая ценность параметров Стокса состоит в том, что они позволяют определить поляризацию волны в точке размещения антенны МРЛС только по измеренным значениям интенсивностей, а на выходе приемника дифференциальной фазы. Так как отражаясь от турбулентного объема тропосферы электромагнитная волна является частично поляризованной, то ее статистическая структура характеризуется четырьмя статистически зависимыми случайными величинами, совместная плотность вероятности которых в общем случае определяется четырехмерным вектором, свойства которого могут быть описаны параметрами Стокса. Для вычисления плотностей вероятностей параметров Стокса I и V необходимо перейти от совместной плотности вероятности огибающих ортогонально поляризованных компонент волны $W_2\left(E_x^2, E_y^2\right)$ к совместной плотности вероятностей квадратов огибающих $W_2\left(E_x^2, E_y^2\right)^2$, т.е. [2]

$$W(I) = \int_0^1 W_2\left(E_x^2, I - E_x^2\right) d\,E_x ,$$

$$W(V) = \int_{-\infty}^{\infty} W_2\left(E_x^2, V + E_x^2\right) d\,E_x . \quad (15)$$

Плотности вероятностей параметров Q и U определяются путем интегрирования совместной плотности вероятностей $W_2(Q,U)$ по исключающим переменным в пределах $[-\infty, +\infty]$

$$W(Q)=\int_{-\infty}^{\infty} W_2(Q,U)\,dU\,,$$

$$W(U)=\int_{-\infty}^{\infty} W_2(Q,U)\,dQ\,, \quad (16)$$

где

$$W_2(Q,U)=\int_0^{\infty} W_2\left[E_x\,E_y=f_1(Q,U,E_x),\ \Phi_{xy}=f_1(Q,U,E_x)\right]\frac{\partial(E_x,E_y,\Phi_{xy})}{\partial(E_x,Q,U)}\Big|dE_x \quad (17)$$

Интегральная функция распределения $F(I,Q,U,V)$ определяется обычным образом

$$F(I,Q,U,V)=\int^{I,Q,U,V} W(I,Q,U,V)\,dI\,,dQ\,,dU\,,dV\ . \quad (18)$$

Нижние пределы интегрирования зависят от конкретного вида параметра. Рассмотрим различие отраженных от турбулентного объема сигналов по параметрам Стокса. Решение указанной задачи может быть основано на использовании критерия Неймана-Чирсона или с использованием Байесовского алгоритма. С использованием критерия Неймана-Чирсона условные вероятности правильного и неправильного распознавания определяются соответственно выражениями

$$P_D=\int_{G_1} W_1(I,Q,U,V)\,dI,dQ,dU,dV$$

$$P_F=\int_{G_2} W_2(I,Q,U,V)\,dI,dQ,dU,dV\,, \quad (19)$$

где W_1 и W_2 – плотности вероятностей параметров Стокса соответственно для сгналов первого и второго классов.

Область G принятия решения о том, что сигнал принадлежит первому классу, определяется из неравенства

$$I(I,Q,U,V)=\frac{W_1(I,Q,U,V)}{W_1(I,Q,U,V)} >> \frac{c\left(\frac{1}{2}\right)q_2}{c\left(\frac{2}{1}\right)q_1}=I_o\,, \quad (20)$$

где q_1 и q_2 – априорные вероятности появления сигналов соответственно первого и второго класса; $c\left(\frac{1}{2}\right)$ и $c\left(\frac{2}{1}\right)$ – цены за неправильность решения принять соответственно сигнал второго класса за первый и наоборот. Условимся оценивать последствия ошибочных решений условными штрафами.

При использовании Байевского алгоритма распознавания на практике полагают равенство штрафов. В этом случае правило принятия решения при распознавании определяется неравенством [4]

$$\frac{W\left(\frac{\bar{X}}{A}\right)}{W\left(\frac{\bar{X}}{B}\right)} > \frac{P(B)}{P(A)}, \qquad (21)$$

где $\bar{X}$ – вектор признаков, W – условная плотность совместного распределения признаков распознавания, $P(A)$ и $P(B)$ – вероятности появления того или иного значения ε'.

Однако при неизвестных вероятностях $P(A)$ и $P(B)$, штрафах за ошибки распознавания, используется правило максимума правдоподобия

$$\frac{W\left(\frac{\bar{X}}{A}\right)}{W\left(\frac{\bar{X}}{B}\right)} > 1 \qquad (22)$$

Согласно (22) принимается решение о том, что отраженный сигнал создан турбулентным объемом с ε'_T, если

$$\frac{W\left(\frac{\bar{X}}{A}\right)}{W\left(\frac{\bar{X}}{B}\right)} \geq 1, \qquad (23)$$

и наоборот, если

$$\frac{W\left(\frac{\bar{X}}{A}\right)}{W\left(\frac{\bar{X}}{B}\right)} < 1, \qquad (24)$$

то принимается решение, что отраженный сигнал создан радиоактивным объемом тропосферы с ε'_p.

Рассмотрим применение правила максимума правдоподобия для распознавания турбулентного объема при отсутствии радиоактивного аэрозоля и при аварийных выбросах АЭС.

Будем характеризовать указанные типы турбулентных объемов диэлектрическими проницаемостями ε_T и ε_p соответственно. В качестве вектора признаков используем четвертый параметр Стокса $\left(V = 2E_xE_y\cos\Phi_{xy}\right)$. В соответствии с правилом максимума правдоподобия необходимо проверить выполнение условия

$$\frac{W\left(\frac{V}{\varepsilon_p}\right)}{W\left(\frac{V}{\varepsilon_T}\right)} \geq 1. \qquad (25)$$

Для решения поставленной задачи распознавания турбулентного объема необходимо знать законы распределения $W\left(\frac{V}{\varepsilon_p}\right)$ и $W\left(\frac{V}{\varepsilon_T}\right)$. Согласно данным Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова [1], эти законы являются нормальными и их можно представить в виде:

$$\frac{W\left(\frac{V}{\varepsilon_p}\right)}{W\left(\frac{V}{\varepsilon_T}\right)} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_p}\, e^{-\frac{(V-m_p)^2}{2\sigma_p^2}}}{\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_T}\, e^{-\frac{(V-m_T)^2}{2\sigma_T^2}}}, \qquad (26)$$

где V измеренные на МРЛС значения четвертого параметра Стокса, m_p и m_T – математические ожидания четвертого параметра Стокса радиоактивных и нерадиоактивных объемов тропосферы (определяются по архивным данным радиолокационных наблюдений в районе АЭС), σ_p^2 и σ_T^2 – дисперсии четвертого параметра Стокса радиоактивного и нерадиоактивного объемов тропосферы (также определяются по архивным данным радиолокационных наблюдений в районе АЭС).

После простейших преобразований условие (25) с учетом выражения (26) сводится к виду

$$\frac{\sigma_T}{\sigma_p}\, e^{aV^2+bV+c} \geq 1, \qquad (27)$$

где коэффициенты a, b и c рассчитываются по формулам:

$$a = \frac{\sigma_p^2 - \sigma_T^2}{2\sigma_p^2\,\sigma_T^2}, \; b = \frac{m_p\sigma_T^2 - m_T\sigma_p^2}{\sigma_p^2\,\sigma_T^2}, \; c = \frac{m_T\sigma_p^2 - m_p\sigma_T^2}{\sigma_p^2\,\sigma_T^2}. \qquad (28)$$

Логарифмируя (27) при основании е получим

$$aV^2 + bV + C \geq \ln\frac{\sigma_p}{\sigma_T}. \qquad (29)$$

Решая (29) относительно V находим критериальное значение V. И при всех значениях $V \geq V_{êð}$ неравенство (29) будет справедливым. При радиолокационном контроле за состоянием тропосферы в районе функционирования АЭС нами измерялся четвертый параметр Стокса V и его измеренное значение сравнивалось с $V_{êð}$. Если $V_{èçì} \geq V_{êð}$, принимается решение, что АЭС работает в аварийном режиме и выбрасывает радиоактивный аэрозоль $\left(\Delta\Phi_{xy} = \varepsilon_p\right)$. Если же $V_{èçì} < V_{êð}$ – АЭС работает в технологическом режиме

$$\left(\Delta\Phi_{xy} = \varepsilon_T\right).$$

Радиолокационный мониторинг состояния был проведен в районе функционирования Южно-Украинской АЭС с помощью радиолокационного метеорологического поляриметра. Измерение поляризационных параметров проводились вначале над трубами 1, 2, 3, затем над трубой 4 по 10 мин каждый час. При этом регистрировались усредненные параметры Стокса на индикаторах ИКО и ИДВ нормированные к первому параметру и их мгновенные значения с помощью аппаратуры поимпульсной регистрации, а также разность фаз как усредненную, так и мгновенную между каждыми отраженными импульсами. По значениям дифференциальной фазы на экране монитора ПЭВМ определялась концентрация радиоактивного аэрозоля, выбрасываемого из вентиляционных труб АЭС. По полученным значениям параметров Стокса вычислялись коэффициенты матрицы Мюллера для каждой реализации, часть которых приведена в табл.1. для 8.07.1990 и 15.07.1990.

Таблица 1

Значения коэффициентов матрицы Мюллера
при работе Южно-Украинской АЭС

№ реал.	Дата и время	Труба 1, 2, 3	Труба 4
1	2	3	4
1	8.07.1990 $6^{00}-6^{10}$	$T=\begin{bmatrix}1{,}9 & 0{,}7 & -0{,}3 & -0{,}3\\ 0{,}2 & 0{,}01 & -0{,}1 & -0{,}1\\ 1{,}2 & 0{,}25 & 0{,}15 & 0{,}15\\ 0{,}15 & 0{,}05 & 0{,}02 & 0{,}02\end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix}1{,}0 & 0{,}5 & -0{,}2 & -0{,}2\\ 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}0\\ 1{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}0\end{bmatrix}$
2	8.07.1990 $7^{00}-7^{10}$	$T=\begin{bmatrix}1{,}8 & 0{,}7 & -0{,}2 & -0{,}2\\ 0{,}2 & -0{,}01 & -0{,}2 & -0{,}2\\ 1{,}2 & 0{,}3 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}0\end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix}1{,}1 & 0{,}5 & -0{,}2 & -0{,}2\\ 0{,}0 & 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0\\ 1{,}2 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 0{,}2 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1\end{bmatrix}$
3	8.07.1990 $8^{00}-8^{10}$	$T=\begin{bmatrix}1{,}8 & 0{,}7 & -0{,}2 & -0{,}2\\ 0{,}2 & -0{,}01 & -0{,}2 & -0{,}2\\ 1{,}2 & 0{,}3 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}0\end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix}0{,}9 & 0{,}4 & -0{,}3 & -0{,}3\\ 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 1{,}0 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}1\end{bmatrix}$
4	8.07.1990 $9^{00}-9^{10}$	$T=\begin{bmatrix}1{,}7 & 0{,}7 & 0{,}0 & 0{,}0\\ 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}0\\ 1{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}0\end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix}1{,}0 & 0{,}4 & -0{,}2 & -0{,}2\\ 0{,}0 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}0\\ 0{,}9 & 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}0\\ 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0\end{bmatrix}$
5	8.07.1990 $10^{00}-10^{10}$	$T=\begin{bmatrix}1{,}7 & 0{,}6 & -0{,}1 & -0{,}1\\ 0{,}1 & -0{,}01 & -0{,}1 & -0{,}1\\ 1{,}0 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 0{,}0 & 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0\end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix}0{,}9 & 0{,}3 & -0{,}1 & -0{,}1\\ 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 0{,}8 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}0\\ 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}1 & 0{,}0\end{bmatrix}$
6	8.07.1990 $11^{00}-11^{10}$	$T=\begin{bmatrix}1{,}6 & 0{,}7 & -0{,}1 & -0{,}1\\ 0{,}1 & 0{,}0 & -0{,}1 & -0{,}1\\ 1{,}0 & 0{,}0 & 0{,}0 & 0{,}1\\ 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1\end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix}0{,}9 & 0{,}2 & -0{,}1 & 0{,}0\\ 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}0\\ 0{,}8 & 0{,}0 & 0{,}1 & 0{,}1\\ 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}0 & 0{,}0\end{bmatrix}$
...			
39	15.07.1990 $6^{00}-6^{10}$	$T=\begin{bmatrix}2{,}5 & 1{,}4 & -1{,}1 & -1{,}1\\ 0{,}9 & 0{,}1 & -0{,}7 & -0{,}7\\ 2{,}0 & 0{,}7 & 0{,}4 & 0{,}4\\ 0{,}4 & 0{,}2 & 0{,}25 & 0{,}25\end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix}2{,}2 & 1{,}1 & -0{,}9 & -0{,}9\\ 1{,}0 & 0{,}2 & -0{,}5 & -0{,}5\\ 2{,}4 & 0{,}8 & 0{,}5 & 0{,}5\\ 0{,}6 & 0{,}3 & 0{,}3 & 0{,}3\end{bmatrix}$

1	2	3	4
40	15.07.1990 $12^{00} - 12^{10}$	$T=\begin{bmatrix} 3,5 & 2,0 & 2,0 & 1,9 \\ 1,1 & 0,5 & 1,1 & 1,1 \\ 2,5 & 1,0 & 0,8 & 0,8 \\ 0,6 & 0,6 & 0,6 & 0,6 \end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix} 2,8 & 0,9 & -0,5 & -0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,4 & 0,4 \\ 2,9 & 0,4 & 0,4 & 0,4 \\ 0,3 & 0,2 & 0,2 & 0,2 \end{bmatrix}$
41	15.07.1990 $18^{00} - 18^{10}$	$T=\begin{bmatrix} 3,0 & 1,9 & 1,9 & 1,8 \\ 1,0 & 1,0 & 1,1 & 1,1 \\ 2,0 & 0,9 & 0,9 & 0,9 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix} 2,5 & 1,4 & -0,3 & -0,3 \\ 0,8 & 0,7 & 0,9 & 0,9 \\ 1,8 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,2 & 0,2 & 0,2 & 0,2 \end{bmatrix}$
42	15.07.1990 $24^{00} - 24^{10}$	$T=\begin{bmatrix} 1,95 & 0,69 & -0,2 & -0,2 \\ 0,3 & 0,1 & -0,1 & -0,1 \\ 1,1 & 0,25 & 0,11 & 0,11 \\ 0,14 & 0,05 & 0,02 & 0,02 \end{bmatrix}$	$T=\begin{bmatrix} 1,6 & 0,4 & -0,1 & -0,1 \\ 0,1 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\ 0,9 & 0,1 & 0,1 & 0,1 \\ 0,1 & 0,1 & 0,0 & 0,0 \end{bmatrix}$

Анализ матриц рассеяния турбулентного объема над трубами АЭС показал, что 15.07.90 г. Южно-Украинская АЭС работала в аварийном режиме, т.к. значения коэффициентов матриц рассеяния при неизменных метеорологических условиях существенно отличаются от значений, полученных за период с 8.07.90 г. по 15.07.90 г.

За указанный период были получены выборочные характеристики параметров Стокса, приведенные в табл.2 и 3.

Таблица 2

Выборочные характеристики распределения параметров Стокса при технологическом режиме работы Южно-Украинской АЭС

I_T	$0,2 \div 0,6$	$>0,6 \div 1,0$	$>1,0 \div 1,4$	$>1,4 \div 1,8$	$>1,8 \div 2,2$	$>2,2 \div 2,6$	$>2,6 \div 3,0$
N	30	10	5	8	4	11	7
Q_T	$0,01 \div 0,05$	$>0,05 \div 0,09$	$>0,09 \div 0,13$	$>0,13 \div 0,17$	$>0,17 \div 0,21$	$>0,21 \div 0,25$	$>0,25 \div 0,29$
N	40	15	6	10	12	8	7
U_T	$0,3 \div 0,7$	$>0,7 \div 1,1$	$>1,1 \div 1,5$	$>1,5 \div 1,9$	$>1,9 \div 2,3$	$>2,3 \div 2,7$	$>2,7 \div 3,1$
N	27	11	8	10	5	7	3
V_T	$0,1 \div 0,5$	$>0,5 \div 0,9$	$>0,9 \div 1,3$	$>1,3 \div 1,7$	$>1,7 \div 2,1$	$>2,1 \div 2,5$	$>2,5 \div 2,9$
N	4	8	11	9	5	7	6

$\bar{I}_T = 1{,}23$ $\sigma_T^2 = 0{,}12$ $\sigma_T = 0{,}34$

$\bar{Q}_T = 0{,}10$ $\sigma_T^2 = 0{,}001$ $\sigma_T = 0{,}04$

$\bar{U}_T = 1{,}23$ $\sigma_T^2 = 0{,}04$ $\sigma_T = 0{,}19$

$\bar{V}_T = 1{,}8$ $\sigma_T^2 = 0{,}13$ $\sigma_T = 0{,}36$

Таблица 3

Выборочные характеристики распределения параметров Стокса при аварийном режиме работы Южно-Украинской АЭС

I_R	1,1÷1,5	>1,5÷1,9	>1,9÷2,3	>2,3÷2,7	>2,7÷3,1	>3,1÷3,5	>3,5÷3,9
N	35	11	6	8	5	12	4
Q_R	0,05÷0,09	>0,09÷0,13	>0,13÷0,17	>0,17÷0,21	>0,21÷0,25	>0,25÷0,30	>0,30÷0,34
N	25	8	14	7	10	12	6
U_R	1,2÷1,6	>1,6÷2,0	>2,0÷2,4	>2,4÷2,8	>2,8÷3,2	>3,2÷3,6	>3,6÷4,0
N	18	11	14	9	4	13	7
V_R	1,25÷1,65	>1,65÷2,25	>2,25÷2,65	>2,65÷3,25	>3,25÷3,65	>3,65÷4,25	>4,25÷4,65
N	10	11	22	30	9	8	4

$\bar{I}_R = 2{,}05$ $\sigma_R^2 = 0{,}29$ $\sigma_R = 0{,}54$

$\bar{Q}_R = 0{,}16$ $\sigma_R^2 = 0{,}006$ $\sigma_R = 0{,}024$

$\bar{U}_R = 2{,}39$ $\sigma_R^2 = 0{,}27$ $\sigma_R = 0{,}52$

$\bar{V}_R = 2{,}42$ $\sigma_R^2 = 0{,}15$ $\sigma_R = 0{,}38$

Заключение. Материал статьи позволяет сделать вывод о возможности дистанционного радиолокационного мониторинга состояния атмосферы в районах функционирования АЭС. Выполнение теоретические и экспериментальные исследования позволили дистанционно и независимо осуществить радиолокационный контроль режима работы АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Степаненко В.Д.* Радиолокация в метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 342 с.
2. *Поздняк С.И., Мелитицкий В.А.* Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн. – М.: Сов.радио, 1974. – 473 с.
3. *Корбан В.Х.* Поляризаційна селекція хмар і опадів. – Одеса.:"Евен", 2004. – 248 с.
4. *Радиометеорология.* – М.:Воениздат, 1984. – 206 с.