

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОЗДУХА

Х.Ф. Таммет

Электрические параметры воздуха

В теории электропроводности воздуха электрическое состояние воздуха описывается при помощи функции распределения или спектра плотности заряда по подвижности аэроионов. Функция распределения может быть полностью описана только посредством бесконечной таблицы значений. Полное измерение функции невозможно.

В практике аэроэлектрических измерений мы вынуждены удовлетворяться конечномерным описанием электрического состояния воздуха. Сложная аппаратура, используемая при лабораторных исследованиях, позволяет измерять частные плотности заряда примерно десяти фракций по подвижности. В стандартных условиях геофизических наблюдений можно измерить всего несколько интегральных параметров.

Встает проблема, какие именно интегральные аэроэлектрические параметры целесообразно измерять. В дальнейших рассуждениях принимается, что измеряемые параметры должны:

- 1) максимально представлять информацию, полезную в приложениях,
- 2) позволить производить измерения простыми и надежными приборами.

Факторы электрического состояния воздуха

Среднее время существования легкого аэроиона всего около одной минуты. Поэтому электрическое состояние воздуха находится в динамическом равновесии и зависит от некоторых первичных факторов. Основными факторами являются:

- 1) ионизирующие излучения,
- 2) аэрозольный состав воздуха.

Электрическое состояние воздуха зависит в малой степени и от химического состава его газовой фазы, однако это отражается лишь в тонких эффектах и ниже не рассматривается.

Первичные факторы электрического состояния воздуха непосредственно связаны с загрязненностью воздуха, а потому электрическое состояние может рассматриваться в качестве индикатора загрязненности воздуха. Это указывает на важное приложение аэроэлектрических измерений, что должно учитываться уже при определении основных интегральных электрических параметров воздуха.

Легкие аэроионы

Легкие аэроионы составляют в спектре подвижностей аэроионов изолированную группу. Благодаря высокой подвижности они определяют основную долю тока проводимости в воздухе. Измерение легких аэроионов существенно проще, чем измерения других фракций спектра подвижностей аэроионов.

Выше зоны приземного электродного эффекта концентрации отрицательных и положительных легких аэроионов почти равны. Легкие аэроионы имеют относительно стабильные средние подвижности и концентрации легких аэроионов связаны с полярными проводимостями воздуха почти функционально.

Допустим, что концентрация и отрицательных, и положительных легких аэроионов равна n . Тогда скорость потери легких аэроионов за счет взаимной рекомбинации равна αn^2 , где α — относительно стабильный коэффициент рекомбинации. Скорость потери легких аэроионов за счет столкновений с нейтральными и заряженными аэрозольными частицами равна γn , где коэффициент поглощения γ зависит лишь от аэрозольного состава воздуха. Как правило, γn существенно больше αn^2 . Если ионизирующие излучения образуют легкие аэроионы интенсивностью q , то

$$\frac{dn}{dt} = q(t) - \alpha n^2 - \gamma n. \quad (I)$$

Это дифференциальное уравнение определяет функцию $n(t)$. Решение уравнения зависит от функции $q(t)$ и от коэффициента γ . В частном случае постоянной интенсивности ионизации, $q(t) \equiv q$, получается равновесие $q = \alpha n^2 + \gamma n$.

Интенсивность ионообразования

Интенсивность ионообразования определяется интенсивностью ионизирующих излучений. Некоторая часть аэроионов, обычно около 10-20%, создается космическими лучами, остальная часть - радиоактивными излучениями. Поскольку космические лучи являются стабильным фактором, то интенсивность ионообразования может быть рассмотрена как интегральная характеристика радиоактивности окружающей среды.

Традиционная единица измерения интенсивности ионообразования $I \mathcal{J}$ равна интенсивности, при которой в 1 см^3 в среднем создается одна пара элементарных зарядов в секунду. Единица измерения в СИ $I \text{ А/м}^3 = 6,24 \cdot 10^{12} \mathcal{J}$. В качестве практической единицы измерения приемлема $I \text{ пА/м}^3$.

Интенсивность ионообразования является первым интегральным аэроэлектрическим параметром, который может быть рассмотрен как характеристика загрязненности атмосферы.

Электрическая плотность аэрозоля

Интегральная плотность аэрозоля определяется уравнением

$$V_p = \int p(r) f(r) dr, \quad (2)$$

где $f(r)dr$ - численная плотность или концентрация аэрозольных частиц радиусами от r до $r+dr$ и $p(r)$ - весовая функция. При $p(r) \equiv 1$ получим численную плотность, при $p(r) = r^2$ - поверхностную плотность, при $p(r) = r^3$ - объемную плотность аэрозоля. В случае некоторой специальной весовой функции уравнение (2) описывает оптическую плотность аэрозоля. Можно определить и такую специальную весовую функцию, чтобы $V_p = \gamma$. Поэтому коэффициент поглощения легких аэроионов γ может быть рассмотрен как электрическая плотность аэрозоля.

Электрическая плотность аэрозоля наиболее полно, по сравнению с другими интегральными параметрами, характеризует действие аэрозолей в электрических процессах. Электрическая плотность аэрозоля предположительно скоррелирована с активностью аэрозоля также в некоторых других процессах. Область возможных приложений понятия электрической плотности аэрозоля простирается за пределы специфических электрических явлений.

Единица измерения электрической плотности аэрозоля - с^{-1} .

Электрическая плотность аэрозоля является вторым интегральным аэроэлектрическим параметром, который может быть рассмотрен как характеристика загрязненности атмосферы.

Методы измерения

Классический метод измерения интенсивности ионообразования при помощи ионизационной камеры не позволяет создать надежной и простой в обращении измерительной аппаратуры. Очевидно, именно по этой причине интенсивность ионообразования рассматривалась в практике атмосферно-электрических исследований относительно редко.

Уравнение (1) указывает на возможность совместного измерения интенсивности ионообразования и электрической плотности аэрозоля при помощи простого прибора - счетчика легких аэроионов. Для этого счетчик следует дополнить генератором легких аэроионов, который обладал бы умеренной постоянной интенсивностью ионообразования.

Измерим концентрацию легких аэроионов n_1 при выключенном и n_2 при включенном генераторе аэроионов. Обе измеренные величины зависят от аргументов q и γ :

$$\begin{cases} n_1 = f_1(q, \gamma) \\ n_2 = f_2(q, \gamma) \end{cases} \quad (3)$$

Параметры генератора аэроионов учитываются в выражении функции f_2 . Система уравнений (3) решается относительно неизвестных q и γ . Функция f_2 зависит от аргумента q слабо, что обеспечивает хорошую обусловленность системы уравнений и быструю сходимость итерационного процесса ее решения.

ELECTRICAL PARAMETERS OF AIR POLLUTION

H. Tammet

Summary

The paper carries a suggestion to use two electrical parameters for the characterization of the pollution of the air, namely the intensity of the rise of ions and the electrical density of aerosols. A simple method is described which enables one to measure the two above-mentioned parameters simultaneously.