

Х. Ф. Таммет

ЭЛЕМЕНТЫ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА КАК ПАРАМЕТРЫ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОЗДУХА

Введение. Проблемы мониторинга фоновое загрязнение атмосферы — это проблемы, характерные для новых наук. Такими проблемами являются выбор системы параметров для описания загрязненности воздуха и разработка методов измерения загрязнений.

Представление абсолютно полных данных о всевозможных компонентах загрязненного воздуха невозможно. Набор параметров, характеризующих эти компоненты, должен быть разумным как по количеству чисел, необходимых для записи данных, так и по информативности данных. Какие именно величины наиболее экономно представляют информацию о загрязненности воздуха — далеко не очевидно.

Проблема выбора параметров не может быть рассмотрена изолированно — параметры должны быть не только информативны, а также измеримы. Прогресс в мониторинге фоновое загрязнение атмосферы определяется в первую очередь успехами в разработке методов измерения.

Поиск параметров и методов измерения загрязненности воздуха начинается с просмотра арсенала известных физических и химических методов исследования воздуха. Внимание заслуживают также электрические методы анализа воздуха, традиционно используемые при изучении атмосферного электричества.

Электрические параметры воздуха. В теории электропроводности 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 удовлетвориться конечно-мерным описанием электрического состояния воздуха. Сложная аппаратура, используемая при лабораторных исследованиях, позволяет измерить частные плотности

заряда примерно 10 фракций по подвижности. В стандартных условиях полевых геофизических наблюдений возможно измерить всего несколько интегральных параметров.

Встает проблема, какие именно интегральные аэроэлектрические параметры целесообразно измерять. В дальнейших рассуждениях принимается, что параметры должны дать максимальную информацию, полезную в приложениях, и измеряться простыми и надежными приборами.

Факторы электрического состояния воздуха. Среднее время существования легкого аэроиона всего около 1 мин. Поэтому электрическое состояние воздуха находится в динамическом равновесии и зависит от некоторых первичных факторов, основными из которых являются 1) ионизирующие излучения, 2) аэрозольный состав воздуха.

Электрическое состояние воздуха в малой степени зависит еще от химического состава газовой фазы воздуха. Этот фактор проявляется только в тонких эффектах и ниже не рассматривается.

Первичные факторы электрического состояния воздуха непосредственно связаны с загрязненностью воздуха, и электрическое состояние может быть рассмотрено как индикатор загрязненности воздуха. Это указывает на важное значение аэроэлектрических измерений, что должно быть учтено 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. Измерять легкие аэроионы существенно проще, чем другие фракции спектра подвижностей аэроионов.

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

Допустим, что концентрации отрицательных и положительных легких аэроионов равны 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 только от аэрозольного состава воздуха. Как правило, γn заметно больше αn^2 . Если ионизирующие излучения образуют легкие аэроионы интенсивностью q , то

$$\frac{dn}{dt} = q(t) - \alpha n^2 - \gamma n. \quad (1)$$

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

Интенсивность ионообразования. Интенсивность ионообразования q определяется интенсивностью ионизирующих излучений. Некоторая часть аэроионов, обычно 10—20%, создается космическими лучами, остальная часть — радиоактивными излучениями. Космические лучи являются стабильным фактором. Поэтому интенсивность ионообразования может быть рассмотрена как интегральная характеристика радиоактивности окружающей среды.

Традиционная единица измерения интенсивности ионообразования, условно обозначенная $1 j$, — это в среднем одна пара элементарных зарядов в секунду, создающаяся в 1 см^3 . Единица измерения в СИ $1 \text{ А/м}^3 = 6,24 \cdot 10^{12} j$. В качестве практической единицы измерения принимается 1 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

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

где $f(r)dr$ — численная плотность или концентрация аэрозольных частиц с радиусами от r до $r+dr$ и $p(r)$ — весовая функция. В случае $p(r) \equiv 1$ получим численную плотность, в случае $p(r) = r^2$ — поверхностную плотность, в случае $p(r) = r^3$ — объемную плотность аэрозоля. В случае некоторой специальной весовой функции уравнение (2) описывает оптическую плотность аэрозоля. Можно определить и такую специальную весовую функцию, что $\nu_p = \gamma$. Поэтому коэффициент поглощения легких аэроионов 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 коррелирована с активностью аэрозоля также в некоторых других процессах. Область возможных приложений понятия электрической плотности аэрозоля простирается вне области специфических электрических явлений.

Единицей измерения электрической плотности аэрозоля является 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 измерялась 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 аэрои-

онов. Для этого надо дополнить счетчик генератором легких аэроионов, который обладал бы умеренной постоянной интенсивностью ионообразования.

Измерим концентрацию легких аэроионов n_1 при выключенном генераторе 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 обеспечит хорошую обусловленность системы уравнений и быструю сходимость итерационного процесса ее решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В систему стандартных параметров для описания фонового загрязнения атмосферного воздуха целесообразно включить некоторые элементы атмосферного электричества. В первую очередь можно рекомендовать два интегральных параметра — интенсивность ионообразования и электрическую плотность аэрозоля. Эти параметры могут быть совместно зарегистрированы при помощи простого электрического метода измерения.