

Исследование дисперсного состава радиоактивных аэрозолей в приземном слое воздуха

Б. И. ОГОРОДНИКОВ, О. Г. СКОТНИКОВА, В. И. СКИТОВИЧ, Л. С. СОЛДАЕВА,
И. Е. КОНСТАНТИНОВ

УДК 551.508.957

Сведения о дисперсном составе радиоактивных аэрозолей необходимы для изучения процессов, происходящих при ядерных взрывах, распространения радиоактивных веществ в атмосфере, создания средств коллективной и индивидуальной защиты и т. д. Поскольку концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое воздуха, как правило, невелики, применение импакторов, термопреципитаторов, электроосадителей, центрифуг и других приборов для определения дисперсности аэрозолей встречает серьезные методические и экспериментальные трудности. В настоящей работе использовались многослойные фильтры из волокнистых материалов ФП [1].

С помощью модельных монодисперсных аэрозолей с радиусом частиц 0,05—0,5 мк были изучены фильтрующие характеристики материалов ФПА-70-0,12; ФПП-70-0,25 и ЛФС-2, отличающихся один от другого диаметром волокон и толщиной слоя. Для получения частиц радиусом 0,05 мк использовался селен, а более крупных частиц — стеариновая кислота. Проскок аэрозолей K , равный отношению числа частиц после прохождения фильтра к числу частиц до него, определялся нефелометрическим методом. На рис. 1 представлена зависимость коэффициента фильтрующего действия $\alpha = -\lg K/[\Delta p]$ (здесь $[\Delta p]$ — сопротивление фильтра при скорости 1 см/сек) от скорости фильтрации для

ФПП-70-0,25. Аналогичные результаты были получены для ФПА-70-0,12.

При скоростях до 40—60 см/сек аэрозоли улавливаются в основном вследствие диффузионного осаждения частиц и прямого зацепления. С увеличением скорости начинается инерционное осаждение, причем выше 100 см/сек α становится пропорциональным квадрату радиуса частиц. ЛФС-2 в изученном диапазоне скоростей фильтрации практически полностью улавливал калибровочные аэрозоли (рис. 2).

Пробы приземного воздуха (объемом 60—70 тыс. м³) отбирались в Подмоскowie в апреле — мае 1970 г. в те дни, когда не было осадков. Площадь фильтра равнялась 0,5 м², скорость фильтрации 0,75—1,8 м/сек. Количество слоев — три-четыре. После окончания прокладки воздуха каждый слой фильтра спрессовывался в таблетку диаметром ~3 см и измерялся на полупроводниковом гамма-спектрометре с Ge-Li-детектором объемом 20 см³. Разрешение спектрометра 1%, время измерения каждого слоя 5 ч, активность 10⁻⁹—10⁻¹⁰ кюри.

Размеры частиц и средняя эффективность улавливания частиц определялись по данным рис. 2. Результаты обрабатывали матричным методом. Обозначим через q_j активности частиц j -го диапазона размеров, через F_i отношение активности i -го слоя фильтра к общей актив-

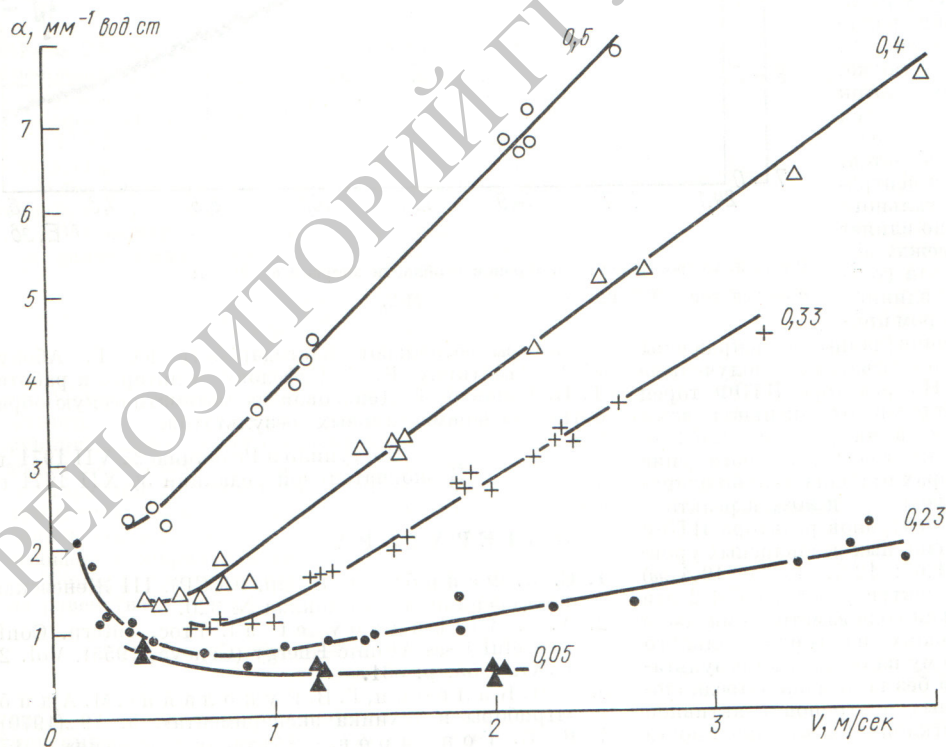


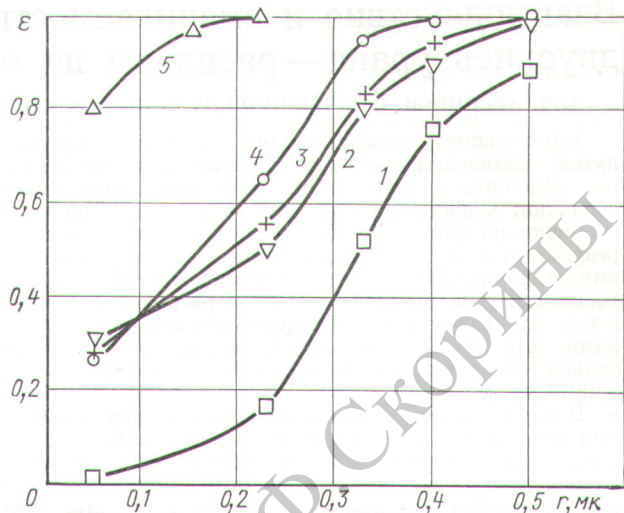
Рис. 1. Зависимость коэффициента фильтрующего действия ФПП-70-0,25 от скорости фильтрации для частиц различных размеров. (Цифры у кривых — радиус частиц в микронах.)

ности пробы, через ε_{ij} — среднюю эффективность i -го слоя фильтра для j -го диапазона размеров. Тогда для трехслойного фильтра можно записать следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} q_1 = \varepsilon_{11}q_1 + \varepsilon_{12}q_2 + \varepsilon_{13}q_3; \\ q_2 = (1 - \varepsilon_{11}) \varepsilon_{21}q_1 + (1 - \varepsilon_{12}) \varepsilon_{22}q_2 + (1 - \varepsilon_{13}) \varepsilon_{23}q_3; \\ q_3 = (1 - \varepsilon_{11})(1 - \varepsilon_{21}) \varepsilon_{31}q_1 + (1 - \varepsilon_{12})(1 - \varepsilon_{22}) \times \\ \times \varepsilon_{32}q_2 + (1 - \varepsilon_{13})(1 - \varepsilon_{23}) \varepsilon_{33}q_3. \end{cases}$$

Решение системы уравнений относительно q_1 , q_2 и q_3 для каждого изотопа дает, как и в работе [2], долю общей активности изотопа, сосредоточенной на частицах выбранного диапазона размеров (см. таблицу).

Из полученных результатов следует, что в период сбора проб в приземном слое воздуха основная часть радиоактивных изотопов глобальных выпадений находилась на частицах радиусом меньше 0,5 мк. При этом изотопы Cs¹³⁷, Ru¹⁰³, Rh¹⁰⁶, имеющие летучих предшественников, а также космогенный изотоп Be⁷, в отличие от изотопов Ce¹⁴⁴, Zr⁹⁵ и Nb⁹⁵ сосредоточивались на значительно меньших частицах. Совпадение распределений по частицам изотопа Zr⁹⁵ и его дочернего изотопа Nb⁹⁵ позволяет заключить, что точность метода определения дисперсного состава радиоактивных аэрозолей путем фильтрации на многослойных фильтрах достаточно высока. Относительная среднеквадратичная ошибка для всех исследованных изотопов, полученная усреднением результатов по трем-четырем про-



Р и с. 2. Зависимость эффективности улавливания аэрозолей от радиуса частиц (v в м/сек):

1 — ФПА-70-0,12, $v = 1,0$; 2 — ФПП-70-0,25, $v = 0,75$; 3 — ФПП-70-0,25, $v = 1,0$; 4 — ФПП-70-0,25, $v = 1,8$; 5 — ЛФС-2, $v = 1,0$.

Распределение радиоактивных частиц по размерам, % (усредненное по двум — четырем пробам)*

| Размер частиц, мк | Zr ⁹⁵ | Nb ⁹⁵ | Ce ¹⁴⁴ | Be ⁷ | Ru ¹⁰³ | Rh ¹⁰⁶ | Cs ¹³⁷ |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $r < 0,2$ | 38,5 | 43 | 18,7 | 70 | 76,6 | 50,5 | 65,8 |
| $0,2 < r < 0,3$ | } 53,7 | } 51 | 45,2 | } 29,5 | } 23,4 | } 34,8 | } 34,2 |
| $0,3 < r < 0,5$ | | | 34,7 | | | | |
| $r > 0,5$ | 7,8 | 2,0 | 1,5 | | | | |

* Плотность частиц принята равной 2 г/см³.

бы, составила 15%, за исключением фракции с $r > 0,5$ мк, для которой определены лишь оценочные значения (ошибка ~100%).

Полученные данные соответствуют существующим представлениям о формировании радиоактивных аэрозолей в облаке ядерного взрыва. Согласно этим представлениям, изотопы, имеющие летучих предшественников, должны сосредоточиваться на более мелких частицах. После поступления радиоактивных аэрозолей в атмосферу различия в размерах частиц независимо от первоначальных на них изотопов сглаживаются за счет процессов вымывания и коагуляции с атмосферными аэрозолями [3, 4].

Наблюдавшееся тем не менее различие объясняется, по-видимому, двумя причинами: во-первых, тем, что пробы собирались в период весеннего максимума, т. е. в период интенсивного обмена со стратосферой, и, во-вторых, тем, что в этот период выпадали «свежие» продукты деления от ядерного взрыва 29 сентября 1969 г. [5].

Авторы благодарят Г. В. Сухова за помощь при проведении измерений на полупроводниковом спектрометре.

Поступило в Редакцию 12/VIII 1971 г.
В окончательной редакции 22/XI 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

- И. В. Петрянов и др. Волокнистые фильтрующие материалы ФП. М., «Знание», 1968.
- L. Lockhart et al. J. Geophys. Res., 70, 6033 (1965).
- B. Shleen et al. Science, 147, 290 (1965).
- Я. И. Газиев. В сб. «Радиоактивные изотопы в атмосфере и их использование в метеорологии». М., Атомиздат, 1965, стр. 153.
- R. Weinreich et al. Z. Naturforsch., 25a, 1156 (1970).