

УДК 539.215.4

ШИХОВ Д.С., студент гр. 0АМ32 (НИ ТПУ)

Научный руководитель БАЛАЧКОВ М.М., ассистент ОЯТЦ ИЯТШ (НИ ТПУ)
г. Томск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

Для корректной оценки ожидаемой эффективной дозы (ОЭД) внутреннего облучения ключевое значение имеет знание дозового коэффициента, величина которого зависит от дисперсного состава радиоактивных аэрозолей. Чтобы определить дисперсность радиоактивных аэрозолей, необходимо знать активностный медианный аэродинамический диаметр (АМАД) – такое значение аэродинамического диаметра, которое разделяет активность на 2 равные части: 50% активности приходится на частицы меньше, чем АМАД, а 50% – больше, чем АМАД [1].

Распределение аэрозольных частиц по размеру напрямую влияет на их задержку в различных отделах дыхательной системы, что существенно сказывается на формировании дозы внутреннего облучения.

Стадии процесса определения дисперсности аэрозолей таковы:

- фракционирование аэрозольных частиц по аэродинамическому диаметру;
- количественная оценка активности каждой фракции;
- оценка параметров распределения активности по размерам частиц для определённого радионуклида [2].

Если в помещении известны значения типа химического соединения и если АМАД радиоактивных аэрозолей равен 0,3; 1; 5; 10 мкм, то следует применять значения дозовых коэффициентов, указанных в [3].

Если значения типа химического соединения и АМАД радиоактивных аэрозолей в помещении неизвестны, то следует применять дозовые коэффициенты из [4], которые указаны для АМАД = 1 мкм и стандартного геометрического отклонения (СГО) равным 2,5.

Однако, как показывают исследования, фактическое значение АМАД на производстве отличается от стандартных значений, приведенных в [4]. Такое различие связано с разными технологическими операциями, производимыми в помещениях. Неточное определение значения АМАД приводит к значительным ошибкам в расчётах ОЭД внутреннего облучения персонала. В таком случае может произойти как завышение, так и занижение ОЭД. Чтобы избежать ошибок, необходимо определять дисперсный состав воздушной среды на конкретном производстве.

Таким образом, для обеспечения точности дозиметрии внутреннего облучения крайне важно знать размеры аэрозольных частиц, которые могут попасть внутрь организма.

Согласно [5], измерение дисперсных характеристик в производственных помещениях рекомендуется проводить при вводе в эксплуатацию нового

производства или при смене технологического режима уже функционирующего производства.

Основными методами и устройствами для определения дисперсности радиоактивных аэрозолей являются метод многослойных фильтров, импакторы различных конструкций и диффузионные батареи.

В эксперименте использовался пятикаскадный импактор АИП-2, принцип работы которого состоит в селективном отборе пробы аэрозоля путем последовательного осаждения инерционным способом из потока воздуха на поверхность коллекторных пластин аэрозольных частиц, аэродинамический диаметр которых больше, чем эффективный аэродинамический диаметр разделения аэрозолей (ECAD). Каждый каскад импактора представляет собой две круглые пластины из тонкой нержавеющей стали, между которыми находится разделительное фторопластовое кольцо. В качестве последнего каскадного элемента для улавливания мелкодисперсных частиц установлен фильтр АФА-РМП-20.

При обработке полученных результатов измерений проводят следующие операции:

- расчет объема отобранной пробы;
- расчет активности на подложках и/или фильтрах;
- определение параметров логнормального распределения (ЛНР)

размеров частиц в следующей последовательности:

- 1) графическая верификация соответствия экспериментальных данных логнормальному закону посредством анализа на вероятностно-логарифмических координатах;
 - 2) определение АМАД и стандартного геометрического отклонения (СГО) при условии, что распределение соответствует логнормальному;
 - 3) построение гистограммы, отражающей распределение активности аэрозолей по аэродинамическим диаметрам частиц, если распределение не является логнормальным;
- оценка погрешностей;
 - представление результатов анализа.

Алгоритм определения параметров ЛНР:

- с использованием гистограммы проверить соответствие распределения логнормальному закону и предварительно вычислить параметры АМАД и СГО;
- определить значения интегральной функции $f(d_i)$ распределения активности в процентах по формуле 1, используя данные измерений активности радионуклида на пластинах и фильтре импактора.

$$f(d_i) = \frac{(A_6 + A_5 + A_4 + \dots + A_i)}{\sum_i^6 A_i} \cdot 100. \quad (1)$$

Далее в вероятностно-логарифмических координатах строят график зависимости аэродинамического диаметра частиц от интегральной функции распределения активности. Если через полученные экспериментальные значения можно провести линию, следовательно, распределение является логнормальным и можно вычислять параметры ЛНР (алгоритм Б).

Величина прокаченного через импактор объема воздуха должна соответствовать условию формулы 2:

$$V \geq \frac{A_{\min}}{0,05 \cdot KU}, \quad (2)$$

где A_{\min} – минимальное значение активности, измеряемое на приборе, Бк;
 KU – контрольный уровень объемной активности радионуклидов на предприятии, Бк/м³.

После расчётов по формуле (2) объем воздуха, прокаченного через импактор, должен быть не менее 12,5 м³. При объёмном расходе воздуха 50 л/мин время отбора пробы составит минимум 4,2 часа.

Проведем измерение дисперсности радиоактивных аэрозолей на радиохимическом производстве в помещении 3-ей зоны работы с открытыми радиоактивными источниками. Перед проведением эксперимента пластины импактора и внутренние поверхности пробоотборного устройства были обработаны этиловым спиртом, а коллекторные пластины – связующим веществом «Вазелин КВ-3» для удержания аэрозольных частиц при попадании на пластину. По окончании пробоотбора воздуха измерялась альфа-активность коллекторных пластин и фильтра АФА-РМП-20 с использованием радиометра УМФ-2000.

По данным эксперимента построена зависимость (рис. 1) аэродинамического диаметра от интегральной функции распределения активности.

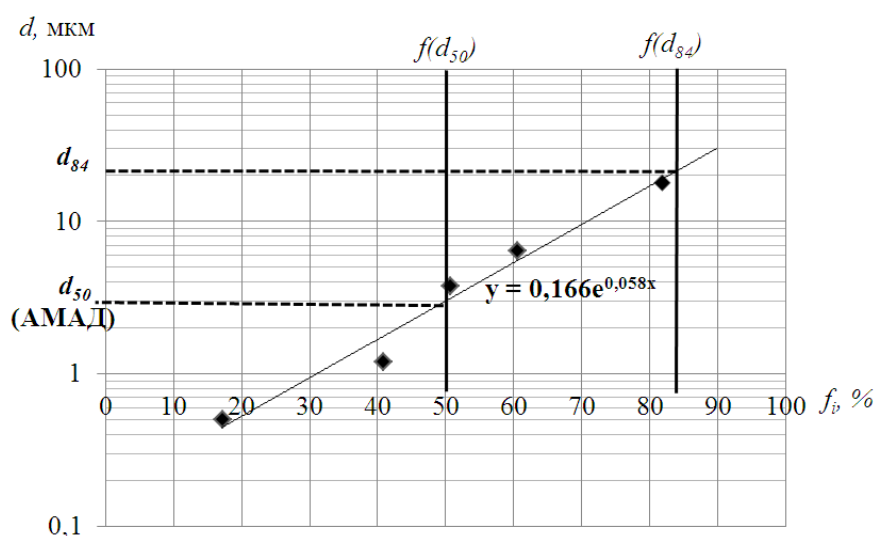


Рисунок 1. Зависимость аэродинамического диаметра от интегральной функции распределения активности

По данным рисунка 1 видно, что через полученные экспериментальные точки можно провести прямую линию; следовательно, распределение соответствует логнормальному закону. АМАД определяем как аэродинамический диаметр d_{50} при интегральной функции распределения, равной $f(d_{50}) = 50\%$; соответственно АМАД = 3,0 мкм. Стандартное геометрическое отклонение находится отношением аэродинамических диаметров d_{84}/d_{50} , и в данном случае СГО равно 7,2 мкм.

По полученным данным можно сделать вывод, что фактическое значение АМАД значительно отличается от среднего значения АМАД = 1 мкм, приведенного в [4], что доказывает необходимость определения АМАД для получения корректной оценки ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения и разработки эффективных стратегий снижения поступления радиоактивных аэрозолей в организм.

Список литературы:

1. МУ 2.6.1.065-2014. Дозиметрический контроль профессионального внутреннего облучения. Общие требования : дата введения 2015-01-01. – Москва : ФМБА России, 2014. – 46 с.
2. Патент № 2676557 Российская федерация МПК G01N 15/02 (2006.01). G01N 15/02 (2018.08). Способ определения параметров дисперсного состава радиоактивных аэрозолей : № 2018114823 : заявл. 23.04.2018 : опубл. 09.01.2019 / Припачкин Д. А., Хусейн Ю. Н., Будыка А. К., Красноперов С. Н. – 24 с. : ил. – Текст : непосредственный.
3. МУ 2.6.1.031-2017. Планирование и аппаратурно-методическое обеспечение дозиметрического контроля рабочих мест в условиях потенциального ингаляционного поступления радионуклидов. общие требования. : дата введения 2017-05-05. – Москва : ФМБА России, 2017. – 27 с.
4. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. : дата введения 2009-07-07. – Москва : постановлением Главного государственного санитарного врача РФ, 2009. – 112 с.
5. МУК 2.6.1.08-2004. Определение характеристик распределения радиоактивного аэрозоля по размерам: методические указания по методам контроля: дата введения 2004-01-01. – Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 15 с.