

УДК 546:799.4
© 1998

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬФА-АКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В ПАРКОВОЙ ЗОНЕ Г. ОЗЕРСКА

Е.Е. Аладова, В.Ф. Хохряков

Россия, г.Озерск, ГИЦ РФ "Институт биофизики", Филиал № 1

Приведены результаты исследований концентрации, дисперсности и изотопного состава альфа-активных аэрозолей приземного слоя воздуха парковой зоны г. Озерска. Дисперсность альфа-активных частиц в воздухе изучаемой территории характеризуется значениями АМАД в интервале 1,3–3,3 мкм. Концентрация изотопов плутония соответствует значению $0,97 \pm 1,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что составляет в среднем 15% от общей альфа-активности и в 2 раза ниже значений, полученных другими авторами в 70–80 гг.

Многолетний мониторинг внутреннего облучения и в частности посмертная радиометрия органов и тканей населения г. Озерска [1–4], расположенного в зоне наблюдения ПО «Маяк», показывают, что в долговременной перспективе наиболее опасным дозообразующим фактором техногенного облучения для данной популяции является накопление в организме человека плутония. Учитывая доминирующую роль аэрального пути поступления для альфа-активных аэрозолей техногенного происхождения, оценка текущих и прогнозируемых уровней должна опираться на экспериментальные данные о количественных характеристиках ингалируемых радиоактивных аэрозолей. Выявленная нами в доступной литературе информация о свойствах аэрозолей в наблюдаемой зоне ПО «Маяк» [5–8] весьма скудна и ограничивается сведениями о концентрации и изотопном составе, однако, отсутствуют данные о дисперсности – важном показателе, определяющем отложение и задержку радиоактивных пылей в дыхательном тракте. Измерение размеров вдыхаемых частиц представляет определенные трудности в связи с тем, что приходится обрабатывать образцы с низким уровнем активности. В данной работе предпринята попытка выполнить подобные измерения наряду с исследованием изотопного состава альфа-активных аэрозолей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования дисперсности плутониевых аэрозолей, присутствующих в атмосферном воздухе, в период с октября 1996 по май 1997 года в парковой зоне г.Озерска были отобраны четыре пробы воздуха 5-каскадным импактором фирмы Andersen Hi-Volume Fractionating Sampler.

В импакторе поток аэрозоля просасывается последовательно через пластины с все более сужающимися отверстиями. На каждую пластину помещается бумажный фильтр – коллектор аэрозольных частиц. Истекающий из отверстий поток изгибается в процессе обтекания пластины, а аэрозольные частицы под действием сил инерции сходят с линий тока воздуха и ударяются о пластину. Такой каскад обеспечивает разделение аэрозолей на 5 фракций. На первой ступени каскада оседают крупные частицы размером до 7 мк и выше, на второй – частицы с диаметром в интервале от 3,3 до 7 мк, на третьей – от 2 до 3,3 мк, на четвертой – от 1,1 до 2 мк и на 5 ступени оседают субмикронные частицы.

При проведении исследований взятых проб воздуха активность и изотопный состав аэрозольных частиц, осевших на каждой из 5 пла-

стин определяли по методикам радиохимического анализа, разработанным в Филиале №1 Института Биофизики, и аттестованным во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева [9, 10]. Далее по измеренной альфа-активности на разных ступенях оценивали суммарную концентрацию альфа-активности в исследуемом воздухе, а также функцию распределения аэрозольных частиц по размерам и количественную характеристику дисперсности — АМАД.

Радиохимический анализ аэрозольных проб, отобранных на фильтры марки Whatman 40 с помощью каскадного импактора, включал следующие стадии.

Фильтр с каждого каскада выдерживали в течение 5 суток для распада короткоживущих радионуклидов и подвергали химической обработке методом влажного озоления в азотной кислоте и перекиси водорода, далее пробы сжигали методом сухого озоления в муфеле при температуре 450 °С в течение рабочего дня. После муфеля золу многократно обрабатывали смесью фтористоводородной и азотной кислот до заметного уменьшения осадка. Затем проводили влажное озоление полученного осадка в $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ до полного растворения частичек пыли и фильтра. Начальную суммарную альфа-активность измеряли радиометрическим методом. Для этого из основного раствора аэрозольных проб ($V=30$ мл) с каждого каскада отбирали аликвоты объемом 5 см³, соосаждали плутоний и америций с BiPO_4 , осадок смешивали со сцинтиллятором $\text{ZnS}(\text{Ag})$ и измеряли скорость счета препарата на низкофоновом альфа-радиометре РИА-05 с фоном 0,02 имп./мин., время измерения пробы от 360 до 1350 мин.

После определения суммарной альфа-активности на каждом из 5 каскадов импактора, пробы соединяли в одну и по методике определения низких уровней альфа-активности изотопов плутония в биопробах разделяли плутоний и америций+торий на анионите AG1 X4 [10]. Фракцию америция+торий полностью соосаждали с фосфатом висмута и измеряли альфа-активность на радиометре РИА-05. Содержание изотопов плутония определяли аль-

фа-спектрометрическим методом на альфа-спектрометре СЭАМ после введения в пробу метки ^{242}Pu и электролитического осаждения плутония из смешанного солевого электролита $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{NH}_4\text{Cl}$ на стальные полированные подложки, нижний предел измеряемых содержаний ^{239}Pu в пробе — 0,002 Бк [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице представлены результаты определения концентрации, дисперсности и изотопного состава альфа-активных аэрозолей, отобранных с помощью 5 каскадного импактора в парковой зоне г.Озерска.

Анализ полученных результатов показал колебания значений концентрации альфа-активности в воздухе изучаемой территории, причем отмечена тенденция к снижению со временем, как в помещении, так и на улице, однако вследствие малого количества экспериментов, эти различия недостоверны.

Из таблицы следует, что на изотопы ^{238}Pu и ^{239}Pu приходится 10–19% от общей альфа-активности (в среднем 15%). Основная часть активности проб обусловлена суммарной альфа-активностью Th+Am. По данным Посохова А.К. [5] концентрация америция-241 в пробах аэрозолей приземного слоя атмосферы и выпадений в зоне наблюдения предприятия составляет от 0,1 до 0,2 доли от концентрации изотопов плутония. При анализе аутопсийного материала [3] выявлено аналогичное соотношение содержаний плутония и америция. Следовательно, альфа-активность воздуха обусловлена главным образом присутствием изотопов тория. Кроме того, в пробах присутствуют другие альфа-излучающие неидентифицированные нуклиды, в том числе природного происхождения — естественный уран и продукты его распада, вклад которых составил 4–24%.

Считается, что значительная доля активности плутония может связываться с неактивными частицами, образуя конгломераты с АМАД до 10 мкм [11, 12]. Как видно из таб-

Таблица

Концентрация, дисперсность и изотопный состав альфа-активных аэрозолей приземного слоя в парковой зоне г. Озерска

Место отбора проб	Измерительный зал здания СИЧ	Венткамера СИЧ	Крыльцо здания СИЧ	Крыльцо здания СИЧ
№ пробы	1	2	3	4
Дата отбора пробы	март 1996	октябрь 1996	август 1996	май 1997
Длительность отбора, ч.	48	59,5	63	73
Концентрация альфа-активности, мБк/м ³	0,1±0,033	0,05±0,029	0,08±0,029	0,03±0,016
АМАД, мкм ^{*)}	2,6 (3,3)	3,3 (3,9)	1,3 (2,6)	2,1 (3,4)
Изотопный состав, % от общей альфа-активности образца				
²³⁹ Pu ^{**)}	16,9	8,5	16,9	—
²³⁸ Pu ^{**)}	2,3	2,4	—	—
Th+Am ^{***)}	67	65	79	59,7
Другие альфа-излучатели	13,8	24,1	4,1	—

^{*)} — В скобках приведено значение стандартного геометрического отклонения;

^{**)} — изотопы ²³⁹Pu и ²³⁸Pu в образцах измеряли спектрометрическим методом на альфа-спектрометре СЭАМ после электролитического осаждения на стальные подложки;

^{***)} — содержание Am+Th измеряли на низкофоновом альфа-радиометре РИА-05 после соосаждения радионуклидов с фосфатом висмута.

лицы, дисперсность альфа-активных частиц, присутствующих в воздухе изучаемой территории, характеризовалась значениями АМАД в пределах 1,3–3,3 мкм.

Согласно дозиметрической модели легких, предложенной 30 Публикацией МКРЗ, коэффициент отложения аэрозольных частиц с АМАД 1,3–3,3 мкм в пульмональном отделе дыхательного тракта составляет 10–15%.

Расчет показывает, что при этом резорбция радионуклида в кровь и лимфу для плутониевых аэрозолей класса W и Y составляет приблизительно 0,1 и 0,03 от вдыхаемого количества. Учитывая, что на долю изотопов плутония, приходится в среднем 15% от общей аль-

фа-активности в воздухе, а также используя из данных таблицы среднее значение концентрации альфа-активности в парковой зоне г. Озерска, равное $6,5 \pm 1,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, находим, что годовое накопление плутония регионального происхождения, при объеме вдыхаемого воздуха $7,3 \cdot 10^3$ м³/год, в 1996–1997гг. у жителей г. Озерска составляло 7,1 мБк/год для аэрозолей плутония класса W и 2,1 мБк/год для аэрозолей класса Y.

Следует отметить, что величина ежегодного поступления плутония в кровь и лимфу, оцененная нами по измеренным значениям АМАД и концентрации альфа-активности в воздухе исследуемой территории, в десятки раз

ниже среднегодового прироста содержания нуклида в зоне наблюдения, значение которого по результатам посмертной радиометрии в 70–80 гг. составляло $0,11 \pm 0,05$ Бк/год [3].

По данным Демина С.Н. в 1971–1983 гг. средняя концентрация плутония в приземном слое воздуха соответствовала $2,2 \pm 0,89 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 2,3 раза превышает среднее значение концентрации, измеренной в ходе проведенных нами исследований. Согласно [4] анализ результатов посмертной радиометрии органов у людей, проживших разные сроки в городе выявил, что содержание плутония в организме нарастало во времени с постоянной скоростью до начала 80 гг, после чего прирост прекратился и даже наметилась тенденция к снижению содержания радионуклида.

Сравнительные оценки, основанные на измерениях концентрации плутония в воздухе, относящиеся к началу 80-х гг и концу 90-х, согласуются со снижающимся в последнее время темпом накопления нуклида в организме у жителей г. Озерска.

Исходя из полученных нами данных, можно заключить, что наблюдаемое снижение со временем концентрации радионуклида в воздухе приводит к постепенному снижению уровней поступления плутония регионального происхождения в организм населения г. Озерска, что в свою очередь ведет к снижению уровней радиационного воздействия на рассматриваемую популяцию.

ВЫВОДЫ

1. Измерена дисперсность альфа-активных частиц, присутствующих в приземном слое воздуха парковой зоны г. Озерска, значения АМАД характеризовались величинами 1,3–3,3 мкм.

2. Установлено, что альфа-активность исследованных аэрозолей в 1996–1997 гг. колебалась в пределах $0,03$ – $0,1$ мБк/м³, при этом 10–19% указанного количества приходилось на долю изотопов плутония.

3. Отмечено снижение концентрации плу-

тония в приземном слое воздуха в 2 раза по сравнению с измерениями, проведенными в 70–80 гг. другими авторами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулова К.Г., Хохряков В.Ф., Романов С.А. // Атомная энергия – 1994. – т.77. – вып.6. – С.440–445.
2. Хохряков В.Ф., Сулова К.Г., Романов С.А., Меньших З.С. // Медицинская радиология – 1996. – №2. – С.22–24.
3. Сулова К.Г. Динамика накопления некоторых долгоживущих радионуклидов и прогноз уровней внутреннего облучения населения зоны наблюдения радиохимического предприятия. Диссертация на соискание канд. биол. наук. М., 1986, 90с.
4. Хохряков В.Ф., Сулова К.Г., Скрябин А.М. // Нимб. – 1992. – №4. – С.13–14.
5. Посохов А.К., Щербакова Л.И., Демин С.Н. и др. Атомная промышленность: окружающая среда и здоровье населения. – М. – 1988. – С.61–71.
6. Щербакова Л.М., Масловский Р.Я., Демин С.Н. и др. // Гигиена труда и окружающей среды в атомной промышленности. – М. – 1985. – С.245–250.
7. Василенко Е.К., Лызлов А.Ф., Мелентьева Р.В. и др. // там же – С.140–145.
8. Масловский Р.Я., Демин С.Н., Щербакова Л.М. // там же – С.272–276.
9. МВИ Измерение активности изотопов плутония в присутствии метки плутония-242 на низкофоновом спектрометре альфа-излучения типа СЭАМ. ФИБ–1. НПО «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева». 1994.
10. МВИ Анионообменное определение низких уровней альфа-активности в биосубстратах. ФИБ–1. НПО «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева». 1993.
11. Dix G.P., Dobry T.J. // Health Physics – 1992. – Vol. 22 (June) – P.569–574.
12. Jonson Carl J., Tidball Ronald R. // Science. – 1977. – Vol.196. – №4294. – P.1126.