

**Перханова Ы.А. , Ташполотов Ы.**

**Определение дисперсного состава частиц сурьмы с помощью  
волоконистых фильтров ФП**

В промышленных условиях для санитарно-гигиенического анализа одним из важнейших и весьма сложных вопросов является отбор проб вредных выбросов из воздуха, которые находятся в нем в аэродисперсном состоянии. В оценке дисперсного состава и концентрации аэрозольных частиц сурьмы, присутствующих в воздухе рабочих помещений и технологических газах Кадамжайского сурьмяного комбината(КСК), а также в свободной атмосфере, существенное значение имеют субмикронные(наноразмерные)частицы. Для эффективного их улавливания из воздуха вредных веществ в виде аэрозолей и определения их размеров, образующихся в процессе переработки сурьмяных руд в комбинате можно использовать методы, основанные на использовании каскадных импакторов, центрифуг, термопреципитатора и другие[1]. Однако, при использовании аэрозольных частиц микронного и наномикроскопического размеров с малыми концентрациями в воздушной среде возможности этих приборов и методов весьма ограничены. В таких случаях удобно пользоваться волоконистыми фильтрами Петрянова(ФП)[2-4]. Поскольку, во-первых, ФП обладает очень высокой эффективностью улавливания, во-вторых, прозрачен для электронного потока (рис. 1). Эти особенности ФП позволило использовать их в качестве держателя объекта – субмикроскопических (нанометрических) частиц сурьмы. ФП представляют собой слой ультратонких синтетических волокон, нанесенных в процессе получения на марлеву подложку или «основу» из скрепленных между собой более толстых волокон. Толщина слоев ФП составляет 0,2-1,0 мкм. Волокна(диаметром 0,1-2 мкм) не цилиндрические, а лентовидные, ширина их в 3-10 раз больше толщины. Известно, что уже с тремя слоями материала ФПП -15-1,5 фильтр абсолютно очищает воздух от аэродисперсных частиц[2-4]. Дисперсный состав частиц Sb после отбора пробы измеряли с помощью электронно-микроскопических(ЭМ) снимков(рис.1.), а также размер частиц определяли осаждением аэрозолей сурьмы на коллоидную пленку и с дальнейшим фотографированием на ЭМ(рис.2). В работе частицы сурьмы осаждались на ультратонкие волокна, нанесенные на латунную сеточку, зажатую в патрончике электронного микроскопа ЭМ-100ЛМ. При этом оптимальная скорость течения потока аэродисперсных сурьмяных частиц через сеточку с волокнами ФП составляла около 6см/с.

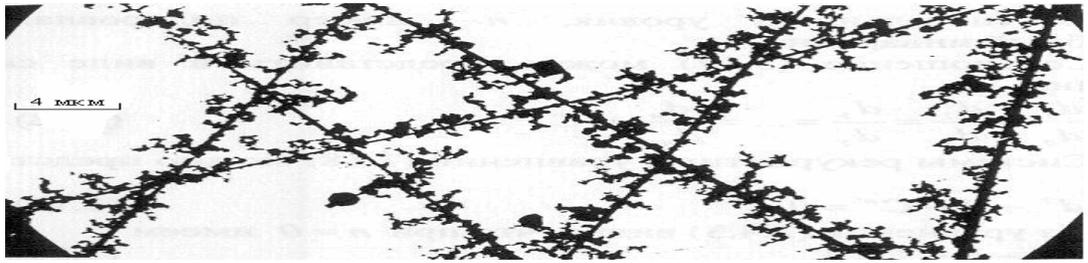


Рис. 1.Электронно-микроскопический снимок частицы Sb, осажденные на волокны ФП.

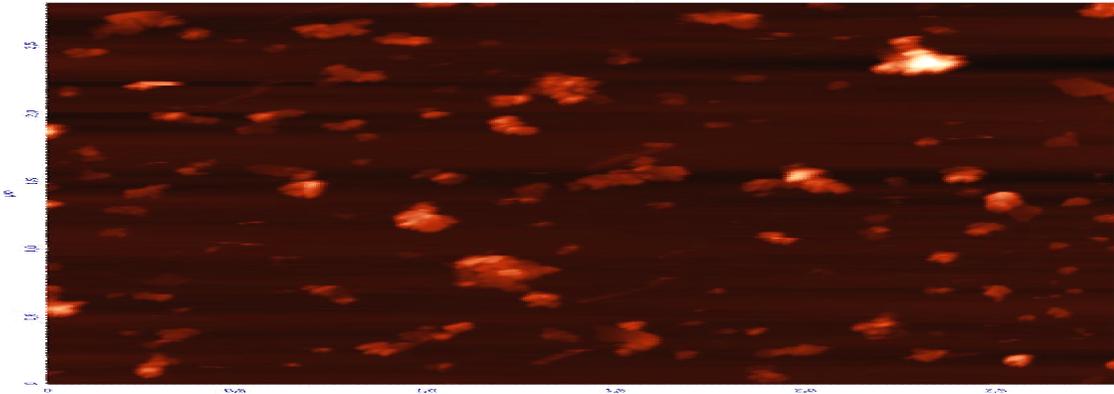


Рис.2. Электронно-микроскопический снимок частицы сурьмы, осажденные на коллоидную пленку.

Результаты статического анализа электронно-микроскопических снимков с частицами сурьмы представлены в таблице 1 (дифференциальное распределение частиц по размерам).

Таблица 1.

Статистический анализ частиц сурьмы по размерам на основе ЭМ снимков

№., п/п	Количес-во частиц по размерам, шт	Размер по x , нм	Размер по у, нм	Диаметр, d,нм	Периметр l , нм	Площадь, S, нм <sup>2</sup>
1.	21	3,9	3,9	3,9	11,2	15,2
2.	29	7,8	7,8	7,8	24,5	60,8
3.	9	11,8	15,7	13,8	43,3	185,3
4.	13	15,7	19,6	17,7	55,6	307,7
5.	25	19,6	19,6	19,6	61,5	384,2
6.	20	23,5	27,4	25,5	80,1	643,9
7.	20	23,5	31,3	27,4	86,0	735,6
8.	13	27,4	39,2	33,3	104,6	1074,1
9.	6	31,4	39,2	35,3	110,8	1230,9
10.	3	39,2	47,0	43,1	135,3	1842,4
11.	2	43,1	48,1	45,6	143,2	2073,1
12.	1	54,9	51,1	53,0	166,2	2805,4

Гистограмма данных дисперсионного анализа сурьмяных наночастиц частиц КСК, усредненные по нескольким опытам, в виде зависимости процентной доли частиц  $\Phi(x)$  от их размеров  $r$  (нм) показаны на рис. 3.

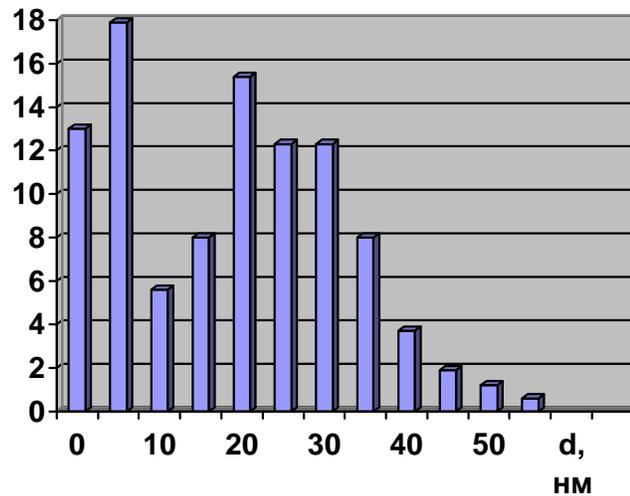


Рис.3. Гистограмма распределения наночастиц Sb по размерам.

На основе полученных данных можно построить интегральное распределение частиц по размерам в вероятностно-логарифмической системе координат. Для графического представления результатов дисперсионного анализа можно использовать вероятностно-логарифмическую систему координат, в которой по оси абсцисс отложены значения  $lgr$ , в нанометрах, а по оси ординат вспомогательная переменная

$$\mu = \frac{lgr - lgr_d}{2^{1/2} \lg \beta_d} .$$

В произвольном равномерном масштабе и соответствующие значения функции:

$$\Phi(x) = 0,5 [ 1 + \Phi(\mu) ] = \int_0^r f(r)dr + F(r), \quad (1)$$

где  $\Phi(\mu) = \frac{1}{2p} \int_{-m}^{+m} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$  - нормальный вероятностный интеграл.

В данной системе координат, согласно экспериментальным данным, строились интегральные кривые распределения:

$$F(r) = \int_0^r f(r)dr = \Phi(r) . \quad (2)$$

Как известно, логарифмически-нормальное распределение выражается прямой линией, по которой можно определить параметры распределения, а также содержание частиц в любом интервале значений размеров. Из рисунка 4 видно, что полученные экспериментальные данные удовлетворительно описываются логарифмически нормальной функцией распределения:

$$f(r) dr = \frac{1}{\lg b_d \sqrt{2p}} e \times p \left[ -\frac{(\lg r - \lg r_d)^2}{2(\lg b_d)^2} \right] d(\lg r),$$

где  $r_d$  - средний геометрический радиус частиц сурьмы,  $(\lg b_d)^2 = (\lg r - \lg r_d)^2$  – среднее квадратичное отклонение(дисперсия) логарифма радиусов  $\lg r$  от  $\lg r_d$ . Значение  $\lg r_d$  соответствует точке пересечения прямой с абсцисс,  $\lg b_d = \frac{1}{\sqrt{2} \operatorname{tg} a}$ ,  $\operatorname{tg} a$  - тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс.

Полученные результаты позволяет сделать следующие выводы.

1. Использование фильтров ФП позволило обеспечить отбор наноразмерных аэрозолей сурьмы КСК с атмосферного воздуха поселка Кадамжай с эффективностью, близкой к 100%.
2. На основании электронно-микроскопического исследования дисперсности и распределения частиц сурьмы по размерам установлено, что кривые распределения частиц сурьмы по размерам удовлетворительно описываются логарифмически-нормальной функцией распределения.

### Литература

1. Перегруд Е.А. Химический анализ воздуха. М.: Химия, 1976. - 328с.
2. Петрянов-Соколов И.В. Избранные труды: 100-летию со дня рождения. М.: Наука, 2007.- 453с.
3. Петрянов И.В., Козлов В.И., Басманов П.И., Огородников Б.И. Волокнистые фильтрующие материалы ФП. М.: Знание, 1968. - 68 с.
4. Басманов П.И., Кириченко В.Н., Филатов Ю.Н., Юров Ю.Л. Высокоэффективная очистка газов от аэрозолей фильтрами Петрянова. М.: Наука, 2003. -271с.

