

УДК 504.6

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ АЭРОЗОЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ТРОПОСФЕРЕ КРУПНЫХ ИНДУСТРИАЛЬНО-ГОРОДСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ

А.Г. ХРУПАЧЕВ*, А.А. ХАДАРТЦЕВ*, В.В. ПЛАТОНОВ**,
В.С. ХМЕЛЕВЦОВ***, О.А. СЕДОВА*

*Тулский государственный университет, г. Тула, тел. +7 4872 33 22 09

**Тулский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула

***ООО «Обнинская фотоника», г. Обнинск

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы образования сложных комплексных соединений из отдельных компонентов техногенных выбросов металлургических производств. Дано описание путей проникновения ионов металлов в альвеолы легких, и влияние нитратных соединений на функционирование системы кровообращения.

Ключевые слова: трансформация веществ, синглетный кислород, нитрат-ион.

THE FEATURES OF FORMATION OF METALLOAEROSOL SYSTEMS IN THE TROPOSPHERE OF LARGE-SIZED INDUSTRIAL URBAN CONDITION

A.G. KHRUPATCHEV*, A.A. KHADARTSEV*, V.V. PLATONOV**,
V.S. KHMELEVTSOV***, O.A. SEDOVA*

*Tula State University, Tula, tel.: +7 4872 33 22 09

**Tula State Pedagogical University named after L.N. Tolstoy, Tula

***Society Ltd "Obninsk photonika", Obninsk

Abstract. The paper covers a number of points about the formation of complex compounds combined from separate components of technogenous ejections due to metallurgic enterprises. The ways of permeation of the metal ions in to alveoli pulmonis and the effects of nitrocompounds on blood circulation system function were explained.

Key words: substance transformation, singlet oxygen, nitrate-ion.

Для определения качественного и количественного состава образующихся нитратных аэрозолей в атмосферном воздухе г. Тулы, методом атомно-абсорбционной спектроскопии (спектрометр «МГА-915») [1] был проведен анализ снежного покрова в 2009-2011 годах в трех различных точках города. Химический состав снеговых проб, представляющих собой истинные растворы, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Результаты анализа проб снежного покрова

Вещество	Точка отбора		
	ул. Оборонная	пр. Ленина	ул. Мира
	мг/л		
NO_3^-	9	9	8,7
NH_4^+	2,6	2,5	2,4
<i>Cu</i>	0,05	0,05	0,04
<i>Fe</i>	0,035	0,037	0,027
<i>Zn</i>	0,12	0,075	0,065
<i>Cr</i>	0,008	0,005	0,0045
<i>Mn</i>	0,02	0,025	0,025
<i>Ni</i>	0,006	0,005	0,005
<i>V</i>	0,011	0,006	0,006

Как видно из расчета, молярные концентрации ионов аммония и нитратной группы совпадают, т.е. в воде растворен нитрат аммония (границы суммарной относительной погрешности измерений ($\pm\delta$ при доверительной вероятности $P = 0,95$) $\pm 20\%$).

$$\text{ул. Оборонная} \quad \frac{c(NO_3^-)}{M(NO_3^-)} = \frac{9}{62} = 0,145 \text{ ммоль / л}, \quad \frac{c(NH_4^+)}{M(NH_4^+)} = \frac{2,6}{18} = 0,144 \text{ ммоль / л}$$

$$\text{пр. Ленина} \quad \frac{c(NO_3^-)}{M(NO_3^-)} = \frac{9}{62} = 0,145 \text{ ммоль / л}, \quad \frac{c(NH_4^+)}{M(NH_4^+)} = \frac{2,5}{18} = 0,138 \text{ ммоль / л}$$

$$\text{ул. Мира } \frac{c(\text{NO}_3^-)}{M(\text{NO}_3^-)} = \frac{8,7}{62} = 0,140 \text{ ммоль/л}, \quad \frac{c(\text{NH}_4^+)}{M(\text{NH}_4^+)} = \frac{2,4}{18} = 0,133 \text{ ммоль/л}$$

Необходимо отметить, что выявленные в снеговых пробах ионы металлов являются представителями все той же переходной группой, являющейся «провокатором» рака легкого. Кроме того, хотя все они присутствуют в выбросах металлургических предприятий, но находятся в связанном виде, как правило, в форме оксидов, но никак не в свободном состоянии. Однако, в процессе работы было установлено, что существует механизм, по которому происходит образование свободных форм металлов в атмосфере (*in situ*). Данный процесс связан с трансформацией формальдегида, присутствующего в атмосферном воздухе промышленных городов (рис. 1).



Рис. 1. Суточный ход концентрации формальдегида, г. Тула, 6 уч. корпус ТулГУ, 02.04.09

Сущность данного процесса заключается в трансформации формальдегида в муравьиную кислоту под воздействием синглетного кислорода (1). Как видно из рис. 11, чем выше солнечная активность, тем интенсивнее распадается формальдегид и образуется муравьиная кислота.



Образовавшаяся кислота реагирует с оксидами металлов, давая соединения – формиаты, распадающиеся в дальнейшем на воду, оксиды C(II) и C(IV), а также свободные металлы (2).



Но сами по себе ионы этих металлов попасть в альвеолы не могут, т.к. согласно данным исследования ВОЗ о фракционном осаждении [2], они в силу своих размеров, должны были осесть в верхних дыхательных путях, и вынесены мерцательным эпителием (рис. 2). А в альвеолах мешочках осаждаются частицы размером до 100 нм, в среднем порядка 70 нм.

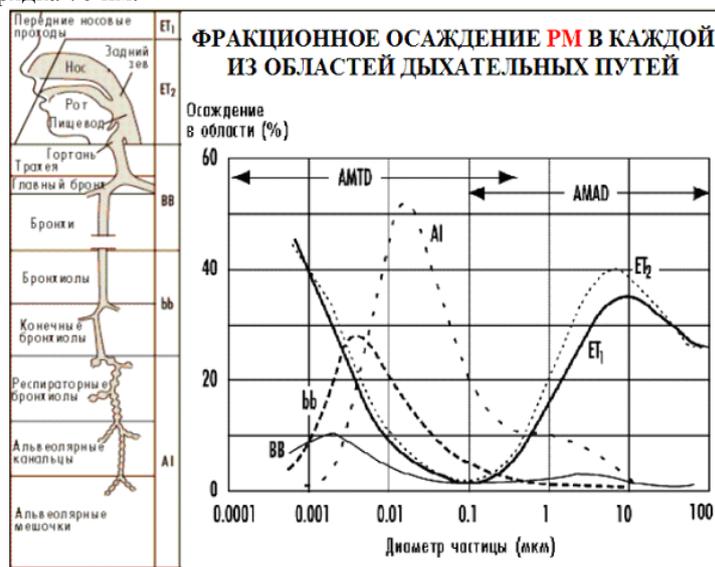


Рис. 2. График осаждения взвешенных частиц, в зависимости от их размера, в различные зоны органов дыхания

Следует иметь в виду, что все металлы переходной группы, представляют собой активные комплексообразователи, и являются причиной образования сложных комплексных соединений вида $[Me(NH_4) \cdot n]NO_3$, в состав которых входят нитратные и аммонийные продукты трансформации первичных загрязнителей. Данные комплексы в результате процессов коагуляция и конденсационного роста, превращаются в наномолекулярные кластеры, которые и являются транспортной системой «горячих» частиц в легкие.

Кроме того, процессу накопления металлов в альвеолах предшествует распад комплекса $[Me(NH_4) \cdot n]NO_3$ во влажной среде легкого на отдельные ионы, каждый из которых начинает оказывать свое специфическое воздействие на органы и системы человека в результате третичной внутриклеточной трансформации загрязняющих веществ. Так нитрат-ион, попадая в кровеносное русло, восстанавливается гемоглобином крови и железосодержащими ферментными системами гладкомышечных клеток до оксида N(II). Это вызывает расслабление гладких мышц сосудов, посредством чего осуществляется локальная ауторегуляция кровотока (эффект нитроглицерина). Но постоянное, хроническое воздействие NO приводит не только к «привыканию», в результате чего может развиваться гипертоническая болезнь, но и к подавлению NO-синтазы (синтазы окиси азота) аргинином – аминокислотой участвующей в образовании необходимых человеку белков, гормонов, ферментов.

Литература

1. Крысанова, Т.А. Атомно-абсорбционная спектрометрия: уч.-методическое пособие / Т.А. Крысанова, Котова Д.Л., Н.К. Бабенко.– Воронеж, 2005.– 31 с.
2. Энциклопедия по охране и безопасности труда // Четвертое издание. CD-ROM версия. – Международная организация труда – Женева, 2005.