

Д. С. Рыбаков, З. И. Слуковский

ТЕХНОГЕННЫЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫЕ ОСАДКИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ФАКТОР, ФОРМИРУЮЩИЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Возрастание частоты заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, вероятности развития злокачественных опухолей и связанная с болезнями экологической этиологии дополнительная смертность зависит от вдыхания взвешенных частиц (пыли) диаметром менее 10 мкм и менее 2,5 мкм*. Пыли могут содержать токсиканты, поступление которых в организм дополнительно увеличивает риск здоровью.

Источниками пыли в городах являются различные предприятия, котельные, мусоросжигающие заводы, строительные площадки, автодороги.

Объектом исследования стали пылевые частицы, входящие в состав остающегося после подсыпки дорожного полотна слоя осадков, формирующегося с окончанием гололедоопасного сезона параллельно краю дороги. Свообразным механическим геохимическим барьером техногенного происхождения в данном случае является бордюрный камень. При его отсутствии осадки относительно широко распространяются на почву придорожного пространства и перемешиваются с ней.

Во время дождя осадки размываются, их мощность уменьшается. В сухую погоду пыль поднимается в воздух, затем оседает на почву и растительность, попадает в легкие человека при дыхании.

Отбор проб проводился в октябре – декабре 2006 г. на трех крупных автомагистралях города через каждые 150–200 м. Вес проб составлял 400–600 г, средняя мощность осадков – 1,3 см (максимальная – 3 см) при средней ширине 27 см (максимальная – 35 см).

В общей сложности отобраны 42 пробы осадков, содержащие различные по размеру частиц литотехнические фракции. Примерный состав фракций: >3 мм (до 2%), 3–1 мм (10%), 1–0,5 мм (10%), 0,5–0,1 мм (55%) и <0,1 мм (25%).

Собранный материал высушивался при комнатных условиях.

Подготовка проб для анализа включала в себя выделение фракций размером частиц <0,1 и <0,01 мм, представляющих интерес в экологическом отношении.

Фракция размером <0,1 мм выделялась методом ситования с использованием лабораторного сита с соответствующим размером ячеек.

Фракция размером <0,01 мм выделялась из объема фракции <0,1 мм с применением метода, основанного на правиле Стокса:

$$F = 6\pi\eta rV, \quad (1)$$

где F – сила сопротивления, испытываемая твердым шаром при его медленном поступательном движении в неограниченно вязкой жидкости, π – число «пи», η – коэффициент динамической вязкости жидкости, r – радиус шара и V – его скорость.

Скорость осаждения частиц малых размеров в вязкой жидкости находят по формуле:

$$V = 2gr^2(d_1 - d)/9\eta, \quad (2)$$

где g – ускорение силы тяжести, d_1 – удельный вес частиц и d – удельный вес жидкости.

Из фракции с частицами размером <0,1 мм, помещенной в емкость с дистиллированной водой (уровень воды 10 см) и перемешанной в ней стеклянной палочкой, при контроле времени (около 10 минут осаждения) с применением в дальнейшем бумажного фильтра выделена фракция размером <0,01 мм.

Контроль «чистоты» эксперимента проводился на микронзонде (рис.) в аналитической лаборатории Института геологии Карельского НЦ РАН.



Электронное изображение частиц фракции <0,01 мм

* Климатические изменения: взгляд из России / Под ред. В. И. Данилова-Данильяна. М., 2003. 416 с.

В результате проведения микронзондового анализа получены элементные составы отдельных частиц фракции <0,01 мм. Особенностью состава частиц является нередко повышенное (до 30 и более % по весу) содержание *углерода*, фиксируемое на их поверхности. При этом количество углерода, содержащегося на поверхности частиц за счет углеродного напыления, не превышало 7%.

Обнаружено, что в составе отдельных частиц с размерами <0,01 мм могут содержаться такие потенциально опасные элементы, как Pb, Cu, Zn (единичные определения), а также Fe (в том числе мельчайшие частицы, содержащие от 15 до 85% Fe).

С целью сравнительной характеристики микроэлементного состава фракций <0,1 и <0,01 мм проведен их количественный спектральный анализ. В выделенных 20 механически однородных пробах определены концентрации Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Pb и Sn (аналитическая лаборатория Института геологии

КарНЦ РАН, аналитик Г. С. Терновая). Полученные данные приведены в таблице.

Установлено, что в повышенных концентрациях в дорожной пыли присутствуют (г/т): Mn (до 2000), V (до 230), Cu (до 96). При этом для V, концентрации которого можно описать нормальным законом распределения в обеих выборках, стандартные отклонения не имеют значимых различий по критерию F ($p > 0,05$). Для Mn и Cu вопрос о различиях не решается из-за неодинаковости или неопределенности в ряде случаев законов распределения.

Содержание Ni, Co, Pb находятся в пределах ПДК для почв. Стандартные отклонения также не имеют значимых различий ($p > 0,05$).

С уменьшением размера частиц содержание Cr значительно увеличивается. В среднем рост составляет 2,3 раза (различия значимы: $p < 0,01$). В наиболее тонкой фракции содержание Cr колеблется от 41 до 93 г/т, во фракции <0,1 мм – от 28 до 41 г/т.

Содержание тяжелых металлов во фракциях <0,1 и <0,01 мм литотехнических осадков, г/т

	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti	Cu	Pb	Sn
Фракция <0,1 мм									
$x_{ср.}$	17,6	14,6	33,5	175	1207	6290	58,3 _(lgN)	14,1	4,7
x_{min}	15	11	28	150	970	5100	41	11	3,9
x_{max}	21	17	41	210	1800	7500	81	20	6
S (S _{lg})	2,17	1,71	4,53	20,7	263,0	788,0	(0,136)	3,07	0,933
n	10	10	10	10	10	10	10	10	4
Фракция <0,01 мм									
$x_{ср.}$	24	10,3	75,7	170	–	–	72,2	17,3	5,1 _(lgN)
x_{min}	19	7,1	41	110	1000	2600	45	11	3,7
x_{max}	39	15	97	230	2000	5800	96	23	10
S (S _{lg})	3,16	2,68	24,7	35,6	–	–	18,8	3,33	(0,14)
n	10	10	10	10	10	10	10	10	9

П р и м е ч а н и е. $x_{ср.}$ – среднее значение: для нормального закона распределения – среднее арифметическое, для логнормального (lgN) – среднее геометрическое; S – стандартное отклонение, S_{lg} – стандартное отклонение логарифмов концентраций. Прочерк – концентрации элементов не описываются нормальным или логнормальным законом.

Таким образом, потенциальный экологический риск могут представлять как сами пылевидные частицы, поднимаемые в воздух проходящим автотранспортом, так и токсиканты, находящиеся в их составе. Поступление в организм повышенных концентраций *марганца* может привести к увеличению частоты хронических пневмоний и острых бронхитов, *меди* – смертности от рака органов дыхания, *хрома* (в виде аэрозоля Cr₂O₃) – заболеваний органов дыхания, желудочно-кишечного тракта и почек. Вдыхание пыли, содержащей соединения *ванадия*, вызывает раздражение дыхательных путей, легочные кровотечения, головокружения, нарушения деятельности сердца, почек.

Присутствие повышенных концентраций *углерода* на поверхности исследованных частиц может свидетельствовать о наличии углеводородной пленки, обволакивающей их в результате загрязнения нефтепродуктами.

Проведение грамотных архитектурно-планировочных мероприятий, своевременная очистка дорог, а также постепенная замена применяемой для борьбы с гололедицей песчано-солевой смеси на нерадиоактивную каменную крошку могут снизить опасность от вредного воздействия пыли и токсичных элементов на организм человека.