

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с «Основами государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» и Федеральной целевой программой «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 годы, задачи по экологической реабилитации крупнейших техногенных объектов страны определены в качестве первоочередных.

Для их выполнения потребуется разработка технологических решений по утилизации зданий и сооружений, в которых осуществлялась производственная деятельность, а также реабилитации прилегающих территорий. Однако любые работы по переоборудованию или разделке зданий, выемке грунта, транспортировке строительных отходов и грунта непременно связаны с пылеобразованием. Учитывая, что пыль реабилитируемых техногенных объектов может содержать остаточные количества стойких загрязнителей (СЗ), проблема пылеподавления является вдвойне актуальной [1]. При этом количество содержащегося в пыли СЗ особого значения иметь не будет, так как при длительном воздействии пыли, даже содержащей СЗ на уровне ПДК, могут проявляться так называемые эффекты сверхмалых доз [2, 3].

Очевидно, что при разработке перечня необходимых мероприятий в первую очередь необходимо учитывать источники пыли и количество пыли, образующейся при проведении тех или иных операций.

Если источники пыли обусловлены особенностями объекта и видом планируемых работ, и их определение, как правило, трудности не представляет, то факторы, влияющие на процесс образования и ее количество – величина со многими неизвестными.

Известны исследования по анализу источников пылеобразования для фаянсового производства, которые обобщены в работе [4]. По данным авторов этой работы, в узлах перегрузки шамота запыленность пылегазового потока составляет $4,7 \text{ г/м}^3$. При обработке пресс-порошка уровень запыленности пылегазового потока у вращающихся печей составляет $7,5\text{-}15,9 \text{ г/м}^3$, у ленточных транспортеров – $1,9\text{-}4,5 \text{ г/м}^3$, у элеватора – $8,5\text{-}26,2 \text{ г/м}^3$.

Приведенные выше примеры дают представление об уровне запыленности, которая может сопровождать работы, например, по вскрытию штукатурки или разрушению кирпичной кладки зданий.

Даже если ориентироваться на минимальное значение запыленности воздуха при возможных видах работы, например, – $1,9 \text{ г/м}^3$ при транспортировке строительных отходов на ленточном транспортере, – это значение достаточно велико, чтобы признать необходимость предусматривать специальные меры пылеподавления, особенно с учетом возможного содержания на пыли следов СЗ. Поэтому защита от пыли становится определяющим мероприятием в системе безопасности проведения работ по восстановлению техногенных территорий, а также, впоследствии, при работе с образующимися отходами.

Вместе с тем процессы пылеобразования и характеристика образующейся пыли при проведении этих работ во многом будут определять эффективность

материала (кирпич), резко снижается. Вместе с тем в условиях эксперимента присутствие пыли в воздухе обнаруживается даже через 30 - 40 мин, что может свидетельствовать о достаточной стабильности пылевого облака.

Таблица 2. Результаты исследования грунта (песок, суглинок) и строительных материалов на предмет пылеобразования

Образец	Количество пыли, образующееся через время от начала эксперимента (мин), в % от массы исходного образца					
	1	10	15	25	30	40
Песок № 1	0,0224				0,0036	
Песок № 2	$1,09 \cdot 10^{-4}$					
Суглинок №3	0,036			0,0015		$2,5 \cdot 10^{-4}$
Кирпич № 4	0,05		0,0033		0,00108	
Кирпич № 5	$4,97 \cdot 10^{-5}$					
Бетон № 6	0,0212	0,00243				
Асфальт № 7	0,0051	$2 \cdot 10^{-4}$				

Результаты распределения частиц пыли по размерам приведены в таблице 3. Из данных таблицы 2 видно, что относительное количество образующейся пыли невелико – не превышает 0,05% от массы образца (для кирпича, образец №4). Однако, учитывая общий объем возможных отходов, образующихся при восстановлении территорий и объектов по уничтожению химического оружия, количество пыли будет достигать значительных величин. Например, при общем объеме отходов 200 000 т количество пыли только при их перемещении, исходя из полученных нами данных, может составить 100 т.

Таким образом, при проведении работ с грунтом и строительными конструкциями можно ожидать образования значительных количеств пыли, способной продолжительное время находиться в воздухе, что, несомненно, требует учета при разработке системы безопасности для проведения работ с загрязненными отходами.

Как следует из данных, приведенных в таблице 3, исследованные виды грунта и строительных материалов по способности к образованию наиболее опасной фракции пыли размером частиц менее 5 мкм располагаются в следующем ряду: влажный песок > сухой песок > суглинок > сухой кирпич > бетон > асфальт.

Увеличение у образца влажного песка доли пыли с фракцией частиц менее 5 мкм можно объяснить их высокой гидрофобностью. Поэтому смачивание приводит к снижению общего количества пыли, но за счет более крупных фракций. На этом фоне доля пыли с фракцией частиц менее 0,5 мкм возрастает.

Таблица 3. Результаты исследования фракционного состава пыли грунта (песок, суглинок) и строительных материалов

Образец	Распределение частиц пыли, масс. %, в диапазонах размеров, мкм					Общее количество пыли менее 5 мкм, масс. %
	> 10	5-10	2-5	0,8-2	< 0,8	
Песок №1	31,2	41,4	22,4	1,7	3,3	27,4
Песок №2	7,7	25,6	43,6	20,5	2,6	66,7
Суглинок №3	55,6	31,0	6,4	4,2	2,8	13,4
Кирпич №4	58,0	31,2	8,8	1,0	1,0	10,8
Кирпич №5	99,0	1,0	-	-	-	
Бетон №6	58,4	35,0	4,6	1,0	1,0	6,6
Асфальт №7	76,0	20,0	2,0	2,0	-	4,0

Следует отметить, несмотря на то, что суммарное количество пыли этой фракции в данном случае крайне мало ($1,09 \cdot 10^{-4}$ масс. % от исходного образца через 1 мин после начала эксперимента, данные таблицы 2), однако при общих больших объемах отходов, как отмечалось ранее, ее количество может быть значительным.

Из остальных материалов наибольшее количество пыли с фракцией частиц менее 5 мкм образует сухой песок (27%), пылевое облако которого более устойчиво по сравнению с другими образцами ($3,6 \cdot 10^{-3}$ масс.% от исходного образца через 30 мин после начала эксперимента, данные таблицы 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для большинства исследованных строительных материалов и видов грунта (исключая асфальт) доля образования пыли с фракцией частиц размером менее 5 мкм достаточно высока.

Учитывая, что влажные образцы, по сравнению с сухими, обладают меньшей способностью к пылеобразованию (в случае песка – в 200 раз, а в случае кирпича – в 1000 раз), необходимо предварительно, до начала работ, смачивать поверхности, строительные материалы и грунт, особенно в летнее и сухое время. Также целесообразно предусматривать душевание водой мест проведения работ, связанных с потенциальным пылеобразованием (выемка загрязненного грунта, его перетаривание, скол штукатурки, дробление железобетонных изделий и т.п.). При этом для уменьшения доли мелких частиц (менее 5 мкм) целесообразно добавлять в воду поверхностно-активные вещества.

Список литературы:

1. Кошелев А.В., Головков В.Ф., Богоявленская Ю.С., Суровцев В.В., Корольков М.В. Комплексная санация техногенного грунта при ликвидации накопленного экологического ущерба. В сборнике научных трудов под ред. Е.И. Тихомировой: Экологические проблемы промышленных городов. Саратов: СГТУ, 2015. Т. 1. С. 178.
2. Голденков В.А., Дикий В.В., Лизунова Г.В. // Российский химический журнал (Журнал Росс. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2002. Т. XLVI. № 6. С. 39.
3. Лошадкин Н.А., Голденков В.А., Дикий В.В. и др. // Российский химический журнал (Журнал Росс. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2002. Т. XLVI. № 6. С. 46.
4. Красовицкий Ю.В., Малинов А.В., Дуров В.В. Обеспыливание промышленных газов в фаянсовом производстве. М.: Химия, 1994. 265 с.
5. Conley J., Yang H., Wilson T. et al. // *Antimicrob. Agents Chemother.* 1997. V. 41. No. 6. P. 1288.
6. D'akov S.I., Bubnov V.P., Lebedeva I.K. et al. // *Антибиотики и химиотерапия.* 2000. Т. 45. № 6. С. 17.
7. Hybertson B.M., Left J.A., Beehler C.J., Barry P.C., Repine J.E. // *Free Rad. Biol. Med.* 1995. V. 18. No. 3. P. 537. DOI: 10.1016/0891-5849(94)00180-r.
8. Moren F. Aerosol Dosage Forms and Formulations. In: *Aerosols in Medicine. Principles, Diagnosis and Therapy.* Ed. by F. Moren, M.T. Newhouse and M.B. Dolovitch. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1985. P. 261.

References:

1. Koshelev A.V., Golovkov V.F., Bogoyavleskaya Yu.S., Surovtsev V.V., Korol'kov M.V. Comprehensive rehabilitation of technogenic soil with elimination of accumulated environmental damage. In: *Ecological problems of industrial cities.* Ed. by E.I. Tikhomirova. Saratov: Saratov State Technical University, 2015. V. 1. P. 178 [in Russian].
2. Goldenkov V.A., Dikiy V.V., Lizunova G.V. // *Russ. Khim. Zhurnal [Russian Chemical Journal]*. 2002. V. XLVI. No. 6. P. 39 [in Russian].
3. Loshadkin N.A., Goldenkov V.A., Dikiy V.V. et al. // *Russ. Khim. Zhurnal [Russian Chemical Journal]*. 2002. V. XLVI. No. 6. P. 46 [in Russian].
4. Krasovitskiy J.V., Malinov A.V., Durov V.V. Dedusting of industrial gases in the production of faience. M.: Khimiya, 1994. 265 p. [in Russian].
5. Conley J., Yang H., Wilson T. et al. // *Antimicrob. Agents Chemother.* 1997. V. 41. No. 6. P. 1288.
6. D'akov S.I., Bubnov V.P., Lebedeva I.K. et al. // *Antibiot. Khimioter. [Antibiotics and chemotherapy]*. 2000. V. 45. No. 6. P. 17.
7. Hybertson B.M., Left J.A., Beehler C.J., Barry P.C., Repine J.E. // *Free Rad. Biol. Med.* 1995. V. 18. No. 3. P. 537. DOI: 10.1016/0891-5849(94)00180-r.
8. Moren F. Aerosol Dosage Forms and Formulations. In: *Aerosols in Medicine. Principles, Diagnosis and Therapy.* Ed. by F. Moren, M.T. Newhouse and M.B. Dolovitch. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1985. P. 261.