

0.51

Рис. 2. Дисперсное распределение частиц сигаретного дыма

Как видно из рисунка, дисперсное распределение подчиняется нормально-логарифмическому закону. На рис. 2 показано, что кумулятивная функция плавно увеличивается с ростом размеров частиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернов Н. Н., Тимошенко М. А. Исследование частиц сигаретного дыма // Таганрог, Известия ТРТУ, 2006. – № 12(67). – С. 118–120.
2. Тимошенко В.И., Чернов Н.Н. Взаимодействие и диффузия частиц в звуковом поле. – Ростов-на-Дону: ООО «Ростиздат», 2003. – 304 с.

УДК 539.2

В.Ю. Вишневецкий, Ю.М. Вишневецкий

К ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ КАК ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Вопрос появления наночастиц в окружающей среде и их воздействия на окружающую среду стал очень актуален в связи с бурным развитием нанотехнологий как у нас в стране, так и за рубежом. Поэтому многие ученые и экологи занимаются вопросом изучения воздействия наноматериалов на окружающую среду. С появлением новой аппаратной части и соответствующих технологий встал вопрос и об изучении известных поллютанотов на наноуровне.

Весной 2008 г. более ста ученых из разных стран мира встретились в Швейцарии на конференции «nanoЕСО» для обсуждения проблем, связанных с воздействием синтезированных наночастиц на окружающую среду [1]. Хотя нанозотоксикология является молодой областью исследований, были представлены интересные и важные результаты. Конечно, в центре внимания были нерешенные проблемы: как и в каких количествах наночастицы из «нанопродуктов» попадают в окружающую среду; каким будет, к примеру, уровень загрязнений рек, почвы; какие аналитические методы могут быть эффективно использованы?

Вопрос о применимости методов исследований очень важен. Н.Кrug в своем докладе [2] подчеркнул, что на данные о токсичности углеродных нанотрубок (УНТ) наряду с присутствующими в них примесями металлов (признанный эффект) могут повлиять и реактивы, применяемые для экспериментов *in vitro*! В этом случае выводы о вреде нанотрубок могут оказаться ложными. Поэтому при оценке токсичности очень важно правильно охарактеризовать не только сами наноматериалы, но и аналитические методы, используемые в исследованиях.

«Зеленая» химия, «зеленая» энергетика... Эти термины появились в конце прошлого века и сразу стали очень популярными. В последние годы чрезвычайно возрос интерес к ресурсосберегающим экологически чистым зеленым технологиям, инвестиции в фирмы зеленых технологий постоянно увеличиваются. «Зеленой нанотехнологии» посвящен доклад В.Камп [3]. Зеленая нанотехнология, как объясняет автор, – это способ создания и использования наноматериалов и нанопродукции без нанесения ущерба окружающей среде и здоровью человека. Таким образом, с одной стороны, к зеленой нанотехнологии относится производство наноматериалов и продуктов с использованием принципов зеленой химии и зеленых технологий (что улучшает окружающую среду косвенным образом), а с другой – создание нанопродуктов, которые непосредственно участвуют в решении прошлых, настоящих и будущих проблем, связанных с защитой природы и здоровьем людей (например, сорбенты для очистки сточных вод или питьевой воды, новые катализаторы, энергетические системы).

Результаты компьютерного моделирования транспорта трех наиболее распространенных видов наночастиц (нано-Ag, нано-TiO₂ и УНТ), представленные в докладе швейцарских ученых В. Nowack и N. Mueller, [4] оказались одними из самых интересных и получили широкий резонанс среди научного мира. Что же было там представлено?

Швейцарские ученые рассмотрели наиболее распространенные наночастицы Ag и TiO₂, которые широко представлены в потребительских товарах. Считается, что наносеребро обладает противомикробными, противогрибковыми и другими полезными свойствами, а нано-TiO₂ производится в больших количествах для использования в самоочищающихся, необрастающих, противомикробных покрытиях и красках, а также в косметических средствах как поглотитель УФ. (Только в Австралии имеется более 300 зарегистрированных солнцезащитных продуктов, содержащих наночастицы TiO₂). Третий изученный наноматериал – углеродные нанотрубки [5].

В модели использовались следующие входные данные: оценки объемов мирового производства, концентрации наночастиц в различных продуктах, выход наночастиц из продуктов и параметры потоков в окружающую среду (от установок для сжигания отходов, мусорных свалок, и/или установок для очистки сточных вод) и между ее областями (воздух, почва, вода). Рассмотрен весь цикл использования продуктов, содержащих наночастицы, – от производства до утилизации. Модель такого типа обычно применяется в определении воздействия химических продуктов.

Была сделана оценка риска для трех областей окружающей среды – воды (реки и озера), воздуха, почвы в Швейцарии (рис.1). Было рассмотрено два сценария – реалистичный (RE – realistic), основанный на имеющейся информации, и худший (HE – high exposure), основанный на оценках, предполагающих наличие более высоких концентраций. Результаты сравнивались с величинами, которые по данным токсикологических исследований не вызывают негативных эффектов (PNEC – predicted no-effect concentration). Риск выражался как отношение прогнозируемой концентрации в окружающей среде PEC (PEC – predicted environmental concentrations) к PNEC. Материалы, для которых это отношение меньше единицы, считаются безопасными.

К сожалению, невозможно найти перечень всей продукции, содержащей наночастицы. Многие производители не информируют об их наличии и количестве. Этот вопрос требует

внимания со стороны государственных структур. Эта ситуация должна измениться к лучшему.

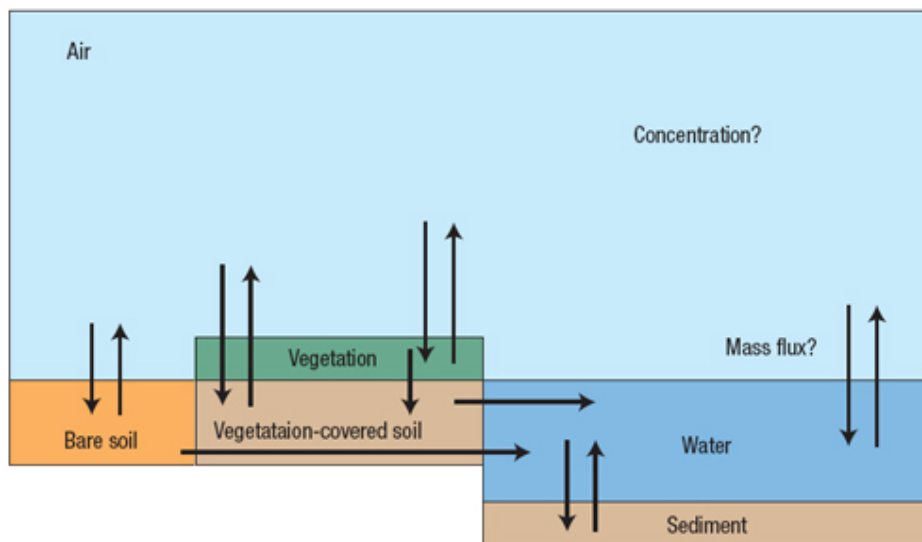


Рис.1 Возможное распределение наноматериалов в окружающей среде (воздух; почва; растительность; почва, покрытая растительностью; вода; отложения)

В табл. 1 приведены величины PEC, полученные в [5] для двух сценариев (RE и HE).

Таблица 1

		Прогнозируемая концентрация (PEC) в окружающей среде					
		Нано – Ag		Нано – TiO ₂		УНТ	
Единицы		RE	HE	RE	HE	RE	HE
Воздух	мкг/м ³	$1,7 \times 10^{-3}$	$4,4 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$4,27 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-3}$
Вода	мкг/л	0,03	0,08	0,7	16	0,0005	0,0008
Почва	мкг/кг	0,02	0,1	0,4	4,8	0,01	0,02

Таблица 2

		Оценка риска (PEC/PNEC) в окружающей среде					
		Нано – Ag		Нано – TiO ₂		УНТ	
		RE	HE	RE	HE	RE	HE
Воздух		н/о	н/о	0,0015	0,004	$1,5 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-5}$
Вода		0,0008	0,002	>0,7	>16	0,005	0,008
Почва		н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

н/о – не определен из-за отсутствия экотоксикологических данных

Как видно из табл. 1, величины PEC для УНТ являются самыми низкими (хотя, конечно, в будущем при росте производства ситуация может измениться). Содержание в воздухе мало для всех трех типов наночастиц. Частицы наносеребра и наноксида титана в основном находятся в воде и почве, при этом содержание nano-Ag в 20-200 раз ниже, чем nano-TiO₂. УНТ в воду практически не попадают.

На основе полученных величин PEC теперь можно определить, какие наночастицы и где представляют наибольший риск (табл. 2).

Результаты моделирования показывают, что в настоящее время УНТ не представляют риска для окружающей среды. Основная часть продуктов, содержащих нанотрубки, или идет в повторный цикл, или попадает в установки для сжигания мусора, где УНТ в присутствии кислорода сгорают практически полностью (температура в установках примерно 850 °С). А вот отношение PEC/PNEC для nano-TiO₂ в воде приближается к единице или даже больше нее, указывая на наличие значимого риска.

Пока это оценочные результаты. Рассмотрены два сценария – развитие ситуации с существующими концентрациями наночастиц в окружающей среде, и смоделированная ситуация с существенным превышением их концентрации. Во втором случае прогнозируется серьезная опасность для водной среды. А если учесть, что в скором будущем ожидается появление новых синтезированных наночастиц с неизвестным воздействием на окружающую среду, то рассмотрение этой проблемы становится чрезвычайно актуальным. При этом нужно рассматривать и процессы трансформации наночастиц, и взаимодействия их с биологическими объектами, взаимодействие друг с другом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. NanoECO. Nanoparticles in the Environment. Implications and Applications 2-7 March, 2008 Centro Stefano Franscini Monte Verità Ascona, Switzerland http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/60627/---/l=1
2. H.F. Krug *et al.*, In vitro Assessment of nanomaterial Toxicity: Need for Better Characterisation of Materials and Methods/ nanoECO Book of Abstracts 2-7 March, 2008, p. 53.
3. B. Karn. US Research on Nanotechnology Applications: Green Nanotechnology for Past, Present, and Preventing Future Problems/ nanoECO Book of Abstracts 2-7 March, 2008, p.77.
4. B. Nowack, N Mueller, B. Wuerth, C. Som. Life-cycle Perspectives of Nanoparticle-containing Products / nanoECO Book of Abstracts 2-7 March, 2008, p. 22.
5. N. Mueller, B. Nowack., *Environ. Sci. Technol.* 42, 4447 (2008).