

УДК 504.054:546.62+543.421

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ГИГИЕНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Плахова Л.В., Вишневская Н.Л.

*ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет», Пермь
e-mail: bg@pstu.ru*

Дана оценка современным физико-химическим методам исследования для контроля, сертификации и гигиенической оценке безопасности наноматериалов. Разработаны методики определения ряда тяжелых металлов в биологических средах, которые утверждены МЗ РФ и Роспотребнадзором РФ и могут быть использованы для оценки безопасности наноматериалов.

Ключевые слова: наноматериалы, физико-химические методы, атомная абсорбция, биосреда

Одним из перспективных направлений современной науки является использование нанотехнологий для создания новых материалов и изделий.

Бурное развитие нанотехнологий несомненно приведет к тому, что в ближайшие годы содержание наночастиц в объектах окружающей среды увеличится, появится необходимость организации контроля и оценки реальной опасности для человека [1].

Размерный диапазон наночастиц составляет 1...100 нм, а их физические и химические свойства отличаются от молекулярного и атомного уровня исходного вещества. Известно, что нанобъекты, находящиеся в данном диапазоне, имеют свои отличные от исходного вещества тепловые, электронные, оптические, магнитные, структурные и другие свойства, а соответственно их поведение и взаимодействие с окружающей средой, включая водную среду и биологические жидкости, отличается от веществ, на основе которых они получены.

Вследствие изменения своих структурных физических и химических свойств нанобъекты могут обладать биологической активностью отличной от веществ, находящихся в молекулярной форме.

Данные о биологическом действии нановеществ и материалов малочисленны, поскольку при переходе исходных веществ в форму наночастиц они могут значительно изменять свои физико-химические свой-

ства, что может отразиться на их физиологических эффектах в процессе всасывания в пищеварительном тракте, усвоении в организме, кроме того, отмечаются неблагоприятные эффекты ингаляционного поступления наноматериалов в организм человека, в связи с чем установлено воспалительное поражение легочной ткани, вероятно, обусловленное пероксидантным и генотоксическим действием. В настоящее время обсуждаются вероятные системные эффекты при ингаляционном поступлении наноматериалов, что может сопровождаться поражением сердечнососудистой системы, печени, почек и др. (Г.Г. Онищенко, 2007) [2].

Вместе с тем, биологические пути поступления наноматериалов в организм через, кожные покровы, слизистые оболочки и возможные в связи с этим неблагоприятные эффекты изучены пока недостаточно.

Цель исследований – определить методические подходы к оценке безопасности наноматериалов и нанотехнологий на базе современных физико-химических методов исследования объектов окружающей среды и биоматериалов и на этой основе разработать методики определения ряда тяжелых металлов на базе атомно-абсорбционной спектроскопии.

Материалы и методы исследований

Выполнена сравнительная оценка и осуществлен отбор высокочувствительных

физико-химических методов. Исследования проведены методом атомно-абсорбционной спектроскопии в режиме электротермической атомизации с зеемановской коррекцией неселективного поглощения (атомно-абсорбционный спектрометр МГА-915). Объектами исследований являлись биопробы мочи, желчи, желудочного сока (600 проб).

Особенно актуальным становится в настоящее время изучение вопросов потенциальной опасности наноматериалов и нанотехнологий, а также разработка критериев их безопасности для здоровья человека, окружающей и производственной среды с точки зрения их гигиенической безопасности. В соответствии с действующим законодательством аттестация производств и сертификация наноматериалов требуют незамедлительных решений по оценке потенциальной опасности нанотехнологий для человека и окружающей среды [3].

По нашему мнению, некоторое отставание сроков, трудности изучения влияния наноматериалов на организм связаны во многом с отсутствием разработанных эффективных и доступных методов исследования объектов окружающей, производственной среды и биологических объектов.

Сложности изучении химического состава наноматериалов и их технологий связаны с малыми размерами структурных составляющих, большой протяженностью границ и поверхности раздела фаз, возможностью формирования метастабильных, неизученных к настоящему времени модификаций, высокой реакционной способностью новых композитов, отсутствием данных о их биологическом действии [3].

Нами проведена сравнительная оценка существующих высокочувствительных физико-химических методов анализа для определения элементного состава наноматериалов. Выполненная оценка показала, что, современный атомно-эмиссионный спектральный метод позволяет определять до 80 элементов Периодической системы. Элементы, содержащиеся в анализируемом наноматериале, могут идентифицироваться

по характерным линиям интенсивности их спектров, что позволяет определить количественный, элементный состав. Методы экспрессны и поддаются автоматизации. Установлено, что при анализе расходуются очень малые количества (порядка миллиграммов) наноматериала в любом агрегатном состоянии.

Аппаратурное сопровождение метода атомно-абсорбционной спектроскопии в настоящее время достаточно широко представлено отечественными и зарубежными фирмами. Все они отличаются по стоимости, функциональным возможностям и инструментальным параметрам. А это, в свою очередь, означает, что задача определения элементного состава объектов окружающей среды и биологических проб может быть решена неоднозначно.

Как правило, основным критерием выбора аппаратуры для решения поставленной аналитической задачи является чувствительность метода по отношению к определяемому компоненту (табл. 1). Вместе с тем, в связи с тем, что обычно этот фактор не бывает привязан к изучаемой среде, то предел обнаружения не является единственным критерием выбора [4, 5, 6]. Нами выполнена сравнительная оценка чувствительности методов с применением спектрометров различных фирм (табл. 1).

Анализ показал, что спектрометр МГА 915 (Санкт-Петербург) является наиболее адекватным для выполнения специфических исследований, поскольку имеет самый низкий из представленного оборудования предел обнаружения.

Нами установлено, что метод атомной абсорбции с применением электротермического атомизатора обеспечивает рекордно низкие значения S_n (нижний предел определения) по многим элементам. Их численные значения колеблются для разных элементов до десятых долей нанограмма в одном миллилитре раствора, достигая в абсолютном выражении величины 10^{-12} – 10^{-14} г.

Нами разработаны методики определения ряда тяжелых металлов в биологических средах, которые утверждены МЗ РФ и Роспотребнадзором РФ (табл. 2).

Таблица 1

Сравнительная характеристика атомно-абсорбционных спектрометров с графитовой печью по чувствительности

Спектрометр/фирма	Характеристическая масса, пг	
	ванадия	алюминия
ГТА«Вириан» (Австралия)	22	5,0
«Квант ZETA» (Москва)	17	4,0
Графит – 5 (Украина)	44	22,0
Perkin Elmer (США)	40	10
МГА 915 (Санкт-Петербург)	4,0	3,2

Таблица 2

Основные аналитические параметры методов атомно-абсорбционного определения металлов в жидких биосредах (моча, желчь, желудочный сок)

Определяемый элемент	Моча		Желчь		Желудочный сок	
	диапазон определяемых концентраций, мг/дм ³	относительная погрешность определения $P = 0,95, \%$	диапазон определяемых концентраций, мг/дм ³	относительная погрешность определения $P = 0,95, \%$	диапазон определяемых концентраций, мг/дм ³	относительная погрешность определения $P = 0,95, \%$
Марганец	0,005-0,1	7,7	0,05-0,25	5,1	0,005-0,1	18,7
Свинец	0,01-0,5	18,7	0,1-1,0	15,5	0,05-0,5	16,7
Никель	0,01-0,5	15,5	0,5-2,0	7,04	0,25-2,5	3,6
Хром	0,01-0,1	19,5	0,01-0,25	19,3	0,01-0,25	5,7
Медь	0,01-0,1	17,9	0,05-1,0	14,8	0,1-1,0	4,6
Кадмий	0,005-0,1	10,5	0,01-0,1	4,7	0,005-0,1	16,5
Цинк	0,05-2,0	12,05	0,25-2,5	3,5	0,25-2,5	2,9
Железо	0,01-0,5	18,7	-	-	-	-

Разработанные методики по определению микроэлементного состава неинвазивных биологических сред имеют высокую точность с определением в установленных диапазонах с максимальной погрешностью 19 %.

Кроме того, для анализа образцов наноматериалов масс-спектральный метод анализа также показывает высокую эффективность. При рентгеноспектральном анализе исследуемая проба наноматериала облучается жестким рентгеновским излучением. Ионизированные атомы образуют рентгеновский спектр, соответствующий энергии квантового перехода, характерной только для конкретного элемента. В зависимости от способа генерации рентгеновского

излучения различают рентгенофлюоресцентный, рентгенорадиационный анализы и рентгеноспектральный анализ с ионным возбуждением. Среди спектрометрических методов применяют также методы УФ-, ИК-, оптической, микроволновой и радиоспектроскопии, в том числе методы ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и др.

Наш опыт показал, что современные физико-химические методы анализа наноматериалов, реализованные на современном оборудовании могут найти применение не только в научно-исследовательских лабораториях, но могут применяться для оценки влияния производственных и экологических факторов на организм человека,

использоваться при аттестации нанопроизводств, сертификации и гигиенической оценке безопасности продукции, изготовленной на основе нанотехнологий.

Список литературы

1. Ганеев А.А., Погарев С.Е., Пупышев А.В. Атомно-абсорбционный анализ. – СПб., 2001. – 211 с.

2. Ермаченко А.А., Ермаченко В.М. Атомно-абсорбционный анализ с графитовой печью / Под ред. Л.Г. Подуновой. – М., 1999. – 219 с.

3. Малышева А.Г. Проблемы химико-аналитических исследований при гигиени-

ческой оценке наноматериалов и нанотехнологий // Гигиена и санитария. – 2008. – № 6. – С. 16.

4. Онищенко Г.Г., Арчаков А.И., Бессонов В.В. и др. Методические подходы к оценке безопасности наноматериалов // Гигиена и санитария. – 2007. – №6. – С. 3.

5. Русаков Н.В. Эколого-гигиенические проблемы отходов наноматериалов // Гигиена и санитария. – М., 2008. – №6. – С. 20.

6. Analytical Methods for Tube Atomizers. Editor E. Rothery. Varian Australia Pty Ltd. Publication No. 85-100848-00, Sept. 1988. –193 p.

PROBLEMS OF MONITORING AND EVALUATION OF SAFETY NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY IN ENVIRONMENTAL HEALTH

Plakhova L.V., Vishnevskaya N.L.

GOU VPO «Perm State Technical University», Perm

e-mail: bg@pstu.ru

An assessment of the physical-chemical methods of research for the control, certification and hygienic safety assessment nonomaterialov. Methods for determination of some heavy metals in biological environments, which are approved by the Health Ministry and Rospotrebnadzor Russian Federation and can be used to evaluate the safety of nanomaterials.

Keywords: nanomaterials, physical-chemical methods, atomic absorption, the biological media