

УДК 62-403:615.91

О ТОКСИЧНОСТИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОЧАСТИЦ

Вероника Юрьевна Плюхина

Студентка 2 курса

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: С. В. Сидорова,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Введение

Сегодня продукция наноиндустрии обладает уникальными свойствами, с которыми человек не сталкивался на протяжении своего существования, и поэтому, как и любая новая продукция, включает в себя потенциальные опасности для здоровья человека. Из этого следует, что нанотехнологии обязаны быть охарактеризованы не только со стороны своей эффективности, но также и безопасности [1–3]. Из-за малого размера наночастицы могут не распознаваться защитными системами организма, они не подвергаются биотрансформации и не выводятся из организма. Это может приводить к накоплению наноматериалов в растительных, животных организмах, а также микроорганизмах, передаче по пищевой цепи, что тем самым увеличивает их поступление во внутреннюю среду организма человека.

Углеродные наночастицы и нанотрубки

Углерод образует наноструктуры, наиболее известные из них - углеродные нанотрубки. Сегодня до сих пор неизвестны причины токсичности нанотрубок. Исследователи выдвигают гипотезы накопления активных форм кислорода: углеродные нанотрубки приводили к апоптозу Т-лимфоцитов человека и эмбриональных почечных клеток [1].

Авторы работы [2] отмечают, что апоптоз запускается, когда клетка имеет серьезные повреждения, которые ведут к нарушению ее функций, т.е. клетка заканчивает жизнь «самоубийством». А в макрофагах уже через нескольких часов после наблюдений был замечен ярко выраженный оксидативный стресс.

Опыте работы [2], в котором многостенные углеродные нанотрубки воздействовали, показал, что в коже изменился уровень экспрессии 216 генов. Данное исследование позволило предположить наиболее вероятные молекулярные механизмы токсичности: нарушение деятельности аппарата Гольджи, изменение метаболизма белков, секреторной функции, синтеза жирных кислот, клеточного гомеостаза. Предполагается также, что углеродные нанотрубки создают условия для роста фибробластов за счет появления «раздраженных» макрофагов.

Металлические наночастицы

К наиболее часто применяемым металлическим частицам относят диоксид титана и наносеребро.

Наночастицы диоксида титана проникают в клетку и располагались в цитоплазме в перинуклеарной зоне. Экспозиция наночастицами диоксида титана в концентрациях от 5 до 40 мкг/мл приводит к повышению образования активных форм кислорода, индукции генов и даже к гибели клеток бронхиального эпителия человека. При нахождении наночастиц диоксида титана в среде, в которой культивировались

человеческие лимфобластоидные клетки, через 24 и 48 часов обнаруживались как некротические изменения клеток, так и апоптоз [1]. В культуре клеток альвеолярного эпителия человека наночастицы диоксида титана провоцировали более выраженные воспалительные реакции, чем более крупные частицы такого же химического состава.

Результаты исследования наночастиц серебра показали, что данные нанокристаллы повреждали митохондрии [1]. Трансмиссионная электронная микроскопия выявила наночастицы серебра в митохондриях и ядре клетки, что может свидетельствовать о прямой генотоксичности наночастиц серебра.

Квантовые точки

Квантовые точки – мельчайшие люминесцентные кристаллы, ярко светящиеся различными цветами. Ежегодно выходят новые публикации, однако до сих пор токсичности квантовых точек уделяется меньше внимания, чем негативным эффектам других наночастиц. Тем не менее, известно, что в жизнедеятельности клеток квантовые точки показали выраженную токсичность.

Путем экспериментов было установлено, что квантовые точки вызывали наиболее выраженные воспалительные изменения и повреждения ДНК в бронхах во время бронхоальвеолярного лаважа. Внутривенное введение животным раствора кадмий-теллуриевых (CdTe) квантовых точек вызвало снижение их моторной активности в течение 2 часов после инъекции и последующее резкое увеличение в течение 24 часов, т.е. нервная система может служить органом-мишенью для квантовых точек [4].

Заключение

Имеющиеся в литературе результаты о токсичности наноматериалов крайне противоречивы, но все же их можно интерпретировать следующим образом:

- углеродные нанотрубки приводят к апоптозу Т-лимфоцитов человека и эмбриональных почечных клеток;
- диоксид титана в количестве от 5 до 40 мкг/мл вызывает некротические изменения в клетках;
- нанокристаллы серебра повреждают митохондрии;
- квантовые точки вызывают наиболее выраженные воспалительные изменения и повреждения ДНК в бронхах.

Вместе с тем сравнительные исследования токсичности оксидов металлов (титана, алюминия) и многослойных углеродных нанотрубок показали, что токсичность металлов была намного меньше.

Литература

1. *Фатхутдинова Л.Ф., Халиуллин Т.О., Залялов Р.Р.* Токсичность искусственных наночастиц. // Казанский медицинский журнал – 2009 - №4 – с.578-584.
2. *Халиуллин Т.О., Кисин Е.Р., Мюррэй Э., Залялов Р.Р., Шведова А.А., Фатхутдинова Л.М.* Токсические эффекты углеродных нанотрубок в культурах клеток макрофагов и бронхиального эпителия. // Вестник Томского государственного университета. Биология – 2014 - №1(25) – с.199-210.
3. *Ковалева Н. Ю., Раевская Е. Г., Роцин А.В.* Проблемы безопасности наноматериалов: нанобезопасность, нанотоксикология, наноинформатика. // Химическая безопасность – 2017 - №2 – с.44-87.
4. *Колесниченко А., Тимофеев М., Протопопова М.* Токсичность наноматериалов – 15 лет исследований/ Колесниченко А.// Научно-техническая политика – 2008 - №3-4 – С. 54-61.