

РИСКИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НАНОСТРУКТУР: УРОВНИ ДОКАЗАТЕЛЬНОСТИ НЕГАТИВНЫХ ЭФФЕКТОВ

Использование искусственно создаваемых наноструктур обещает быть очень эффективным в различных областях науки, медицины и производства. Однако существует недостаточно данных о последствиях накопления наночастиц (НЧ) в организме либо в окружающей среде. Ввиду своих размеров, НЧ способны проникать сквозь обычные препятствия, и, вероятно, взаимодействовать с другими молекулами, клеткам и тканями, кроме прямых адресатов. С точки зрения экологической безопасности также существует возможность того, что НЧ будут взаимодействовать друг с другом во внешней среде, оказывая вредное воздействие, особенно если технология найдет широкое применение. Кроме того, накопление НЧ в растительных и животных организмах может способствовать увеличению их поступления в организм человека по пищевым цепям. Таким образом, учитывая неопределенность их «поведения», следует допустить существование рисков на всех этапах «жизни» искусственных наноструктур/материалов: при их производстве, хранении, применении и утилизации.

С биологической точки зрения основными рисками от производства и применения наноматериалов являются: их возможная цитотоксическая активность, эмбриотоксичность, тератогенность, мутагенность и нарушение репродуктивной функции, а также неопределенность отдаленных рисков, связанных с аккумулярованием НЧ в организме. Возможно, что из-за малого размера НЧ могут не распознаваться защитными системами организма, они не подвергаются биотрансформации и не выводятся из организма.

Из перечисленных нежелательных эффектов особое внимание уделяется цитотоксичности нановеществ: так, результаты поиска в системе ISI Web of Science search показывают экспоненциальный рост числа публикаций, посвященных этой проблеме в течение последних 15 лет. В настоящее время в базах данных сервера PubMed фигурирует 5826 статей, касающихся цитотоксичности НЧ. При этом большинство опубликованных результатов получены на культурах клеток *in vitro* (что соответствует уровню доказательности IV и ниже – доказательства, полученные из отчетов экспертных комиссий, на основе мнений или клинического опыта авторитетных специалистов), и менее 10% в хорошо спланированных контролируемых исследованиях без рандомизации на животных, т.е. *in vivo* (что соответствует уровню доказательности IIa и ниже). Существование такого большого числа доказательств цитотоксичности НЧ на доклиническом этапе их изучения сдерживает проведение испытаний НЧ на человеке, а, следовательно, и получение сведений, соответствующих более высоким уровням доказательности. Однако важно отметить, что проявление НЧ нежелательных эффектов сильно зависит от их концентрации, размера, способа получения, режима дозирования и условий окружающей их среды. Так, было отмечено, что цитотоксичность НЧ Cd/Se/ZnS зависела от используемой дисперсионной среды, в которой инкубировались сами НЧ. Также была показана и связь между цитотоксическими свойствами НЧ и pH окружающего раствора. Существование таких фактов указывает на необходи-

мость строгого контроля над процессами получения НЧ/материалов с заданными свойствами, а также соответствия условий их использования требованиям биологической и экологической безопасности.

Основой для снижения токсичности вновь синтезируемых нановеществ может стать разработка механизмов адаптации и взаимодействия искусственных наноструктур и естественных наноразмерных объектов, не обладающих токсичностью.

Vishneuskaya Y. A.

THE RISKS OF THE ARTIFICIAL NANOSTRUCTURES: THE LEVELS OF EVIDENCE OF THE NEGATIVE EFFECTS

The main biological risks of the artificial nanostructures are analyzed according to the international levels of evidence.