

## НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОЦЕНКА ИХ БЕЗОПАСНОСТИ

Д. И. Фролов

В статье рассматривается применение наноматериалов и нанотехнологий в пищевой промышленности. Рассмотрены особенности оценки риска производства и использования наноматериалов. Представлен анализ сведений о безопасности производства, использования, проведения токсикологических исследований наноматериалов и системе нормативно-методических документов.

**Ключевые слова:** наноматериалы, наночастицы, безопасность пищевых продуктов, оценка рисков.

### Введение

Нанотехнология имеет дело с применением научных знаний для обработки и управления веществом в наномасштабе – то есть примерно от 1 до 100 нм, для того чтобы использовать размерно- и структурно-зависимые свойства и явления, отличные от тех, которые связаны с большими размерами одного и того же материала. Нанотехнологии применяются для введения кардинальных изменений практически во всех отраслях промышленности, позволяя управлять такими характеристиками материала как: размер, форма, морфология, химический состав и молекулярной конфигурацией для улучшения или разработки новых процессов и свойств продукции.

В пищевом секторе промышленности могут быть идентифицированы три основные категории применения нанотехнологий и наноматериалов, а именно сельскохозяйственное производство (агрехимикаты и корма для животных), пищевая промышленность (наноразмерные ингредиенты, добавки, пищевые добавки и функциональные пищевые продукты), материалы контактирующие с пищевыми продуктами.

Несмотря на то, что создаваемые материалы имеют весьма малые размеры, они могут обладать новыми и полезными свойствами. В настоящее время поднимаются проблемы о потенциальных рисках, связанных с взаимодействием наноразмерных материалов на молекулярном или клеточном уровнях, которые в конечном итоге могут нанести вред здоровью человека и окружающей среде.

При этом пока накоплено недостаточное количество знаний о том, как материалы с измененными физико-химическими свойствами и потенциально увеличенным системным бионакоплением наноматериалов могут повлиять на их токсикологические свойства. Кроме того, приближаясь к оценке безопасности продуктов, нанотехнология является проблемой, так как необходимы новые концепции и инструменты для оценки безопасности наноматериалов. Современ-

ные подходы тестирования токсичности, используемые для обычных веществ все еще являются подходящими отправными точками для оценки риска наноматериалов, но для этого им могут потребоваться методологические изменения, поскольку они недостаточны для выявления всех аспектов потенциальной токсичности наноразмерных материалов.

В связи с этим необходимо, чтобы каждый индивидуальный наноматериал был в полной мере изучен в токсикологическом аспекте с определением допустимой суточной дозы или условно переносимого недельного (месячного) поступления. Необходимо также создать информационные ресурсы по биобезопасности наноматериалов [2].

Для определения характеристик опасности, должны исследоваться связи любой токсичности, обнаруженной в различных дозах, которые могут быть использованы, например, размера и других физико-химических параметров сконструированных наноматериалов, так как одна массовая концентрация (которая используется для обычных веществ) явно недостаточна. В частности, уменьшение размера частиц в наномасштабе идентифицируется в качестве основного детерминанта для повышенной токсичности различных материалов и, вместе с формой и морфологией (соотношение сторон), играет ключевую роль.

Применение нанотехнологий в пищевой промышленности ставит вопрос о реальном потребителем воздействии наночастиц через потребление продуктов питания и напитков. Если частицы всасываются в кишечнике, есть потенциал для внутреннего системного воздействия. После того, как в теле наночастицы могут пересекать биологические барьеры, в том числе плаценты, а также вопрос о потенциальной токсичности возникает особенно для материалов, которые могут накапливаться в живых организмах в тканях.

**Целью работы** является анализ применения наноматериалов и нанотехнологий в пищевой промышленности и оценка их безопасности для человека.

**Объекты и методы исследований**

Объектом исследований являлась научно-техническая информация по безопасности и оценке воздействия наноматериалов и нанотехнологий.

В работе применялись общенаучные методы.

**Результаты и их обсуждение**

Существующие или потенциальные применения производимых наноматериалов в агропродовольственном секторе включают сельскохозяйственную продукцию (например, пестициды, кормовые добавки), непосредственно употребляемых в пищу в качестве ингредиентов или добавок, а также в результате контакта материалов с пищевыми продуктами. В результате, в соответствии с различными сценариями использования, наноматериалы - или химические вещества в результате их деградации / растворения (если таковые имеются) - могут быть найдены в продуктах питания, в виде остатков, как намеренно добавленные вещества, или из-за миграции из упаковки.

Существует три основных пути поступления наноматериалов в организм человека: ингаляционный, через кожу и перорально. В настоящее время недостаточно проверенных данных по распределению наночастиц и наноматериалов по органам и тканям, и отсутствуют достоверные данные по критическим органам. Наиболее изучен ингаля-

ционный путь поступления наноматериалов. При этом установлено, что некоторые наноматериалы, поступающие с воздухом, далее могут попадать в различные органы и ткани, в том числе мозг, что не исключает возможности их проникновения через гематоэнцефалический барьер. Относительно их распределения по органам и тканям при пероральном поступлении данные в настоящее время очень мало. Существует предположение, что наночастицы могут выводиться с мочой, через желчь, кишечник, а также с выдыхаемым воздухом. В отношении их выделения с потом и молоком данные отсутствуют [1].

Обобщенная схема путей поступления, распределения и выведения наноматериалов в организме человека представлена на рисунке 1.

Помимо преднамеренного использования наноматериалов с их специфическими свойствами, наноразмерные материалы могут присутствовать в пищевых добавках и перейти в продукты вследствие контакта с наноматериалами.

Разработка и согласование аналитических методов и инструментов в поддержку оценки риска наноматериалов является сложной задачей.

На сегодняшний момент в Российской Федерации разработана единая система нормативно-методических документов, регламентирующих процедуры оценки безопасности и контроля наноматериалов на всех уровнях (определение приоритетов, пробоотбор, токсиколого-гигиеническая

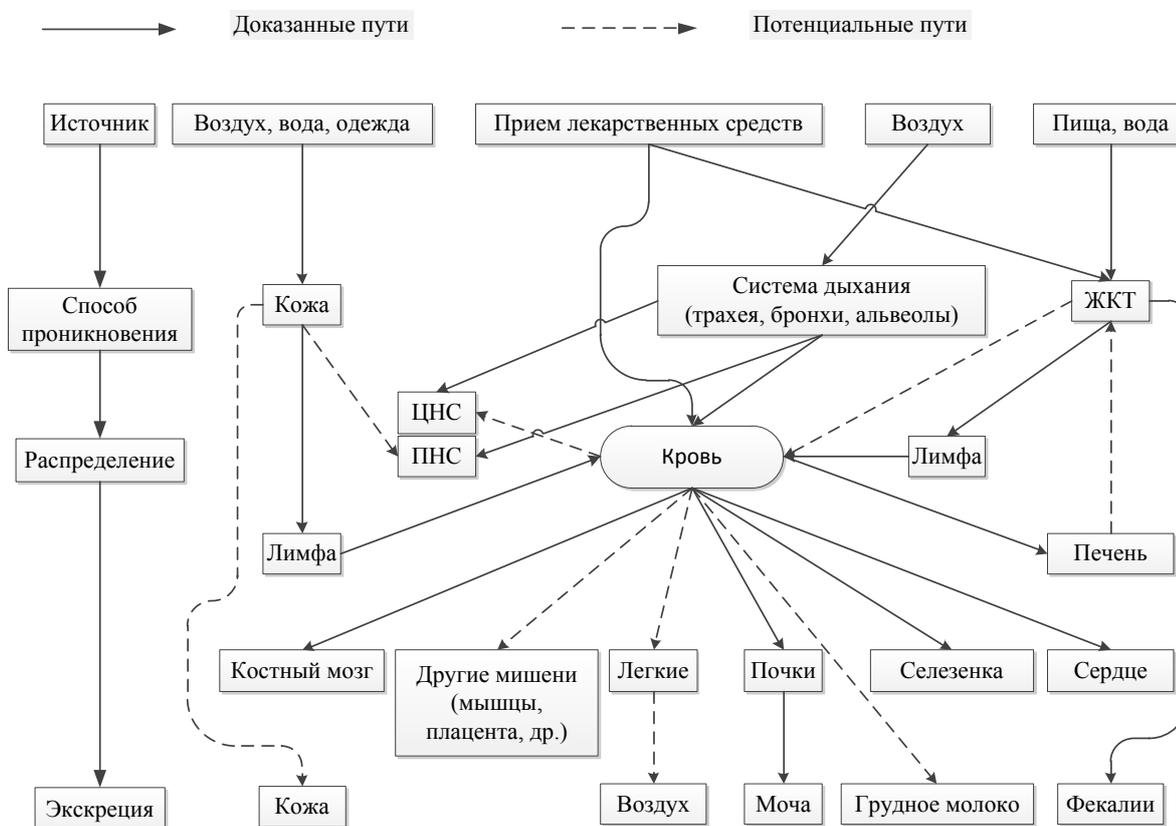


Рис. 1. Обобщенная схема путей поступления, распределения и выведения наноматериалов в организме человека

оценка, анализ и нормирование, контроль и надзор, оценка рисков) и на всех стадиях жизненного цикла наноматериалов (разработка – производство – транспортировка – хранение – оборот – применение – утилизация) [2].

Вырабатываемая в Российской Федерации концепция обеспечения безопасности нанотехнологий и наноматериалов в полной мере согласуется с мировой практикой решения данной проблемы и подходов в данной области, что формирует хорошие перспективы согласования российских документов в области нанобезопасности с соответствующими международными нормами [3, 4].

## Выводы

В настоящее время знания о взаимосвязи между физико-химическими свойствами и влиянием на них наноматериалов ограничено. На сегодняшний момент в Российской Федерации разработана единая система нормативно-методических документов, регламентирующих процедуры оценки безопасности и контроля наноматериалов. Проведенные исследования пока еще не позволяют точно оценить соотношение риск/польза наноматериалов [5–9]. Целевые исследования позволят уточнить, в какой степени зависимости находится безопасность пищевой продукции и оценка рисков потребления для человека и окружающей среды при использовании наноматериалов.

## Список литературы

- [1] Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 31.10.2007 N79 «Об утверждении Концепции токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов»
- [2] Онищенко Г.Г., Тутельян В.А., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Развитие системы оценки безопасности и контроля наноматериалов и нанотехнологий в Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2013. № 1 С. 4–11.
- [3] Lison D., Thomassen L. C., Rabolli V. // *Toxicol. Sci.* – 2008. – Vol. 104, N1. – P. 155–162.
- [4] Zhang J., Wang X., Xu T. // *Toxicol. Sci.* – 2008. – Vol. 101, N1. – P. 22–31.
- [5] Фролов, Д.И. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания. Лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие/Д. И. Фролов.– Пенза: Пензенская государственная технологическая академия., 2015.–144 с.
- [6] Фролов, Д.И. Безопасность продовольственного сырья: Учебно-методическое пособие/ Д. И. Фролов.– Пенза: Пензенский государственный технологический университет., 2012.–77 с.
- [7] Фролов Д.И. Профилактика образования биопленок на поверхностях молочного оборудования/ Д. И. Фролов, Н.С. Елисеева, Т.В. Дарченко//Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: Достижения, проблемы, перспективы: сборник статей VII Международной научно-практической конференции.– Пенза: Приволжский Дом знаний, 2013.–С. 71–73.
- [8] Фролов Д.И. Профилактика образования биопленок на поверхностях молочного оборудования/ Д. И. Фролов, Л.И. Тужилова//Современная торговля: теория, практика, перспективы развития: Материалы Второй международной инновационной научно-практической конференции .– Часть II.– М.: Издательство Московского гуманитарного университета, 2013.–С. 325–329.
- [9] Фролов Д.И. Ресурсосберегающие технологии на предприятиях общественного питания/ Д.И. Фролов, Н.С. Елисеева, В.А. Ильичёва//Прикладные и фундаментальные науки /Наука молодых -интеллектуальный потенциал XXI века: сб. докладов Междунар. науч.–техн. конф. 10–11 апреля 2012 г. Пенза: ПГУАС, 2012.–С. 80–84.

## NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN FOOD AND ASSESSMENT OF THEIR SAFETY

*D. I. Frolov*

The article discusses the use of nanomaterials and nanotechnologies in the food industry. The features of the risk assessment of the production and use of nanomaterials. The analysis of information on the safety of production, use, toxicological studies of nanomaterials and the system of regulatory and procedural documents.

**Keywords:** *nanomaterials, nanoparticles, food safety, risk assessment.*

## References

- [1] The resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation from N7931.10.2007 «On approval of the concept of Toxicological studies, risk assessment methodology, methods of identification and quantification of nanomaterials»
- [2] Onishchenko G. G., Tutelyan V. A., Gmshinsky I. V., Khotimchenko S. A. Development of system safety assessment and control of nanomaterials and nanotechnology in the Russian Federation // *Gigiena I sanitariya*. 2013. No. 1 Pp. 4–11.
- [3] D. Lison, L. C. Thomassen, V. Rabolli // *Toxicol. Sci.* – 2008. – Vol. 104, N1. – P. 155–162.
- [4] Zhang J., Wang X., T. Xu // *Toxicol. Sci.* – 2008. – Vol. 101, N1. – Pp. 22–31.
- [5] Frolov, D. I. Safety of food raw materials and food products. Laboratory session: textbook/D. I. Frolov. – Penza: Penza state technological Academy., 2015. – 144 p.
- [6] Frolov, D. I. Safety of food raw materials: textbook/D. I. Frolov. – Penza: Penza state technological University., 2012. – 77 p.
- [7] Frolov D. I. Prevention of formation of biofilms on the surfaces of dairy equipment/D. I. Frolov, N. S. Eliseeva, T. V., Larchenko//*Food industry and agriculture: Achievements, problems, prospects: collection of articles VII International scientific-practical conference.* – Penza: Privolzhsky House of knowledge, 2013. – Pp. 71–73.
- [8] Frolov D. I. Prevention of formation of biofilms on the surfaces of dairy equipment/D. I. Frolov, L. I. Turilova//*Modern trade: theory, practice, prospects: proceedings of the Second international innovation scientific-practical conference . – Part II.* – M.: Publishing house of Moscow humanitarian University, 2013. – Pp. 325–329.
- [9] Frolov D. I. Resource-Saving technologies at the enterprises of public nutrition/D. I. Frolov, N. S. Eliseeva, V. A. Ilicheva//*Applied and fundamental science youth Science -the intellectual potential of XXI century: collection of reports*. scientific. – tekhn. Conf. On April 10–11, 2012 Penza: PGAS, 2012. – Pp 80–84.