

К ВОПРОСУ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Т.В. Кувырченкова¹, С.П. Жданов²

¹ ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

² ФГБОУ ВО «Российский экономический университет
имени Г.В. Плеханова», г. Москва

Где-то с начала 2000-х гг. очень бурно развиваются нанотехнологии. Неслучайно нынешнее время принято называть эрой нанотехнологий, или четвертой промышленной революцией. Но новые технологии, имеющие в перспективе, да и сейчас, огромное практическое значение для человечества, можно рассматривать как потенциально опасные для живых организмов и природы. Актуальность исследования заключается в отсутствии комплексного подхода в вопросах оценки безопасности нанотехнологий. Целью работы является выработка конкретных предложений организационного и правового характера, направленных на повышение результативности проведения международной оценки нанобезопасности. Предметом исследования явились международные нормы, внутригосударственное законодательство, деятельность некоторых международных организаций, осуществляющих оценку безопасности новых технологий, научные работы ряда авторов. В статье проводится анализ имеющихся на сегодняшний день механизмов, обеспечивающих проведение международной оценки безопасности нанотехнологий. Методология исследования предполагает использование как общенаучных, так и частнонаучных методов познания. В заключении авторами высказаны некоторые рекомендации организационного и правового характера по повышению эффективности нанобезопасности.

Ключевые слова: нанотехнологии, международная оценка безопасности, наноиндустрия, технологический уклад, стандартизация нанотехнологий, Организация экономического сотрудничества и развития, Международная организация по стандартизации, Международный центр управления рисками, нанобезопасность.

Развитие мировой экономики находится на этапе перехода к шестому технологическому укладу, его наступление связывают с 2020 г. Экономическое развитие происходит волнообразно и предполагает смену технологических укладов, причем их длительность поступательно сокращается. Смена технологических укладов сопряжена с научно-техническим прогрессом. Ш.Г. Багамаев определял технологический уклад как комплекс новейших технологий и инноваций, лежащих в основе количественного и качественного скачка в развитии производства [1, с. 159]. Если брать показатели конкретных государств с позиций технологического уклада, то можно выделить следующие группы:

- ядро технологического уклада – США, Китай, Япония, Германия, Англия, Франция;
- страны первого технологического круга – Италия, Канада, Швеция, Финляндия, Нидерланды, Австралия, Южная Корея, Сингапур;
- страны второго технологического круга – Индия, Бразилия;
- постсоциалистические страны Восточной Европы;
- страны СНГ;
- наименее развитые страны [1, с. 159].

Становление шестого технологического уклада также связывают с получением графена в научных лабораториях Манчестерского университета в октябре 2004 г. Теоретически ядром шестого технологического уклада определяют в том числе бурное развитие нанотехнологий, т. е. научно-практических методов манипулирования объектами на уровне менее 100 нанометров, поэтому настоящее время называют эрой нанотехнологий, или четвертой промышленной революцией. Конечно, кроме нанотехнологий для шестого технологического уклада предполагается активное развитие искусственного интеллекта, биотехнологий, робототехники, широкое применение квантовой механики и т. д.

В науке различают два похода к нанотехнологиям: сверху-вниз и снизу-вверх. Первый процесс в своем развитии более прогнозируемый и он характерен для микроэлектроники, а второй непредсказуем во многих случаях и характерен для биотехнологий и развития научных исследований на стыке физики, биологии и химии. Последний процесс представляет собой самосборку молекул и макроструктур с заданными свойствами [9, с. 7].

Э. Дрекслер определял нанотехнологии как технологии дешевого производства устройств и веществ с заранее заданной атомарной структурой. Под нанотехнологиями нужно понимать использование нанодобавок и нанопримесей, т. е. объектов нанотехнологий (далее – НО) в виде специально сконструированных наночастиц (далее – НЦ) – частиц наномасштаба (далее – НМ) с линейным размером менее 1 мкм [2, с. 5].

Нанообъекты использовались достаточно давно, только мастера не знали об этом. Лишь в 1959 г. американский физик и лауреат Нобелевской премии Ричард Фейнман с позиций теоретической физики рассмотрел этот процесс «превращения». Таким образом, появилась возможность создавать новые материалы не путем изменения химического состава, а с помощью изменения размеров и формы составляющих систему частиц. Выдающиеся открытия в области нанотехнологий отмечены Нобелевскими премиями. Так, в 2000 г. ее получил академик Жорес Алферов за создание полупроводниковых гетероструктур.

Нанотехнологии имеют огромное количество полезных применений и долгосрочные положительные эффекты. Сейчас они широко

используются в быту. Это стиральные машины с обеззараживающими белье частицами серебра, OLED-дисплеи, плоские теледисплеи на основе нанотрубок и т. д. Но подлинную революцию связывают с возникновением наномашин, управляющих механосинтезом – составлением молекул из атомов с помощью механического сближения до появления соответствующей химической связи. Для чего необходим наноманипулятор, управляющий наночастицами на расстоянии до 100 нм. Сам наноманипулятор должен управляться компьютером. Это так называемые машины-репликаторы (ассемблеры). В 2017 г. британская группа сообщила о первом молекулярном роботе (молекулярном ассемблере).

Однако без действенного контроля за безопасностью нанотехнологий, применение которых представляет потенциальную угрозу для человека, его здоровья, среды обитания, невозможно и их перспективное развитие.

Система безопасности должна в себя включать условно следующие стадии:

- оценка безопасности при разработке, исследовании в научном учреждении;
- безопасность пилотных разработок;
- оценка безопасности при промышленном применении;
- оценка безопасности при применении в иных сферах (медицина, строительство и т. д.);
- оценка безопасности при возможных экстраординарных ситуациях;
- оценка безопасности при выводе из эксплуатации нанотехнологий;
- оценка безопасности при захоронении отходов.

Кроме того, как указывала ВОЗ, необходимо оценивать уровень воздействия наноматериалов на людей в динамике и охвате различных групп населения: работников, потребителей, детей и других уязвимых групп населения. Необходимы также исследования о долгосрочных последствиях воздействия наночастиц на здоровье человека и окружающую среду.

Некоторые эксперименты предполагают, что наночастицы имеют токсический эффект на стадии эмбрионального развития. Наибольшую ценность представляла бы оценка безопасности каждого отдельного наноматериала с учетом его уникальных свойств [3]. Увеличение количества нанообъектов может превзойти количество вредных химических и биологических соединений, подлежащих мониторингу. Особого внимания требуют исследования нанотехнологий, нанообъектов в военной области. Так, ученые из Технологического университета Джорджии проводят разработки с целью обеспечения солдат армии США надежным источником электричества для питания электроприборов амуниции – прицелов ночного видения, сотовых телефонов и др.

Огромную угрозу представляет выход из-под контроля молекулярных ассемблеров, которые в автономном режиме могут перестроить материалы в новые ассемблеры. Это все может продолжаться до тех пор, пока не иссякнет энергия и материалы. Э. Дрекслер описывал такую возможную ситуацию и предлагал некоторые меры предосторожности [2, с. 6].

Соответственно, требуется четкая и жесткая система контроля за появившимися новыми нанотехнологическими разработками.

Не все государства мира имеют возможность осуществлять исследования в сфере нанотехнологий. Связано это с отставанием в областях экономики, науки и техники. Лидером по числу предприятий, выполняющих разработки и исследования нанотехнологий, являются США, второе место занимает Германия, затем идет Франция. Тем же странам, что активно осваивают нанотехнологии, требуется в дальнейшем увеличить инвестиции для решения вопросов нанобезопасности. Кроме этого, последствия использования нанотехнологий, наноматериалов, наноотходов могут неблагоприятно сказаться на окружающей среде, здоровье населения, и они являются трансграничными. Таким образом, опасность грозит не только странам, активно осваивающим нанотехнологии, но и странам, не имеющим возможность проводить исследования в этой области. Возможен конфликт интересов между развитыми и развивающимися странами. Это противоречие, как указывала ВОЗ, необходимо решать с помощью системы управления нанорисками; отработанных правовых норм, которые на данный момент фрагментарные и имеют отличия типов регулирования. Все это требует координации усилий в рамках международных организаций [3].

Среди организаций, занимающихся вопросами безопасной разработки и применения нанотехнологий, можно выделить Организацию экономического сотрудничества и развития (далее – ОЭСР) и Международную организацию по стандартизации ISO. Так, например, эксперты ОЭСР считают, что для успешного развития нанотехнологий государству необходимо соответствующее новейшее оборудование и инструментарий, а также обязательно система государственной поддержки (государственные программы). ОЭСР разрабатывает программы тестирования новых технологий, систему оценки воздействия наноматериалов и т. д.

Что касается вопросов стандартизации нанотехнологий, то ими занимается Международная организация по стандартизации ISO. Стандартизация влияет на технологическое развитие, обеспечивает выпуск и применение инновационной и высокотехнологической продукции, способствует повышению уровня безопасности. Так, Международная организация по стандартизации ISO в 2005 г. сформировала Технический комитет ISO/TC 229 «Нанотехнологии». На

официальном сайте этого комитета определено, что включает в себя стандартизация в области нанотехнологий:

1. Понимание и контроль над материей и процессами на наноуровне, где возникновение явлений, зависящих от размера, обычно позволяет найти новые приложения.

2. Использование свойств наноразмерных материалов, которые отличаются от свойств отдельных атомов, молекул и объемного вещества, для создания улучшенных материалов, устройств и систем, использующих эти новые свойства [5].

ISO/TC 229 разрабатывает стандарты: терминологии и номенклатуры; метрологии и приборостроения; методологии тестирования; научно обоснованных практик в области здравоохранения, безопасности и охраны окружающей среды и др. Так, например, им разработан стандарт оценки токсичности и биоассимиляция промышленных нанообъектов в суспензии с использованием одноклеточного организма *Tetrahymena sp.* В документе описан метод оценки, стандарт предназначен для использования всеми центрами, которые работают с нано(эко)токсичностью искусственных нанообъектов и способные культивировать *Tetrahymena sp.* Метод, как указано в документе, применим к нанообъектам, таким как наночастицы, нановолокна определенного размера, нанопластины [5]. Действуют опубликованные стандарты, но также есть перечень стандартов, находящихся в разработке.

Международная стандартизация наноиндустрии позволяет придать выпускаемой на мировой рынок продукции правовой статус. В нашей стране, также с опорой на международные стандарты, осуществляется соответствующая деятельность созданного технического комитета по стандартизации ТК/МТК 441 «Нанотехнологии». На официальном сайте организации за ТК/МТК 441 закреплена область деятельности, связанная с разработкой, изготовлением, оборотом, утилизацией, безопасностью наноматериалов, метрологическим обеспечением наноиндустрии, классификацией и определением терминов в сфере нанотехнологий, применением биологических систем для решения технологических задач в нанодиапазоне [6].

В 2003 г. начал свою деятельность Международный совет по управлению рисками, который уже в 2016 г. стал Международным центром управления рисками (далее – IRGC). Этот независимый некоммерческий фонд находится в Швейцарии, цель его деятельности – улучшение управления возникающими и системными рисками, оказывающими влияние на здоровье человека и окружающую среду, экономику и общество, а также на общую устойчивость. В настоящее время он уделяет значительное внимание вопросам, связанным с новыми

технологиями, пытаясь преодолеть разрыв между наукой, политикой, технологиями и обществом.

IRGC занимается проблемами и нанотехнологий. Как указано на официальном сайте организации, «преобразования, вызванные нанотехнологиями, могут принести большую пользу обществу, включая улучшение медицинской диагностики и лечения, систем очистки воды и отходов и многое другое. Однако, социальные, экономические, политические и этические последствия, а также риски также значительны» [7].

IRGC были разработаны проекты по нанотехнологиям в 2006–2008 гг., в 2019–2022 гг. Партнером центра был NANORIGO (NANOtechnology RiSk GOVERNance), проекта Horizon 2020. Это Европейский проект по управлению рисками в области нанотехнологий.

Ряд вопросов, связанных с разработкой и внедрением нанотехнологий решается в рамках деятельности региональных организаций. Например, в 2019 г. принято Постановление № 49-15 Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ «О рекомендациях “Об этике нанотехнологий”», где содержатся положения о том, что современные научные и технические достижения, в том числе в области нанотехнологий, открывают широкие перспективы социально-экономического и культурного прогресса и в то же время порождают серьезные этические проблемы, которые могут поставить под угрозу осуществление прав и свобод человека и требуют в связи с этим постоянного внимания, изучения и решения посредством общественного обсуждения и государственного регулирования. В этом же документе в качестве одной из мер обеспечения выполнения обязательств по безопасности нанотехнологий предлагается всем структурам, включая международные организации, государственные органы и профессиональные сообщества, действующим в сфере наноисследований или их информационного, социального, юридического и иного сопровождения, анализировать соотношение негативных и позитивных последствий и потенциальные риски применения нанотехнологий на протяжении всего жизненного цикла нанообъекта – от момента его создания и до утилизации [8]. Рекомендуется также проводить этическую экспертизу при использовании нанотехнологий. Кроме этого, перспективным решением проблемы безопасности нанотехнологий является подготовка нового поколения исследователей и инженеров в этой сфере, т. к. нанонаука имеет междисциплинарный характер.

Но несмотря на деятельность межправительственных и неправительственных организаций, решение вопросов безопасности нанотехнологий отстает от их разработок и коммерческого использования, поэтому существует общепризнанный подход, что изначально их рассматривают как потенциально опасные. Не создано и единой системы обеспечения безопасности. Кроме того, наноматериалы

используются уже около 20 лет, но они в полном объеме не изучены. Известно, что наночастицы благодаря размерам могут проникать в живые организмы и взаимодействовать с клетками и тканями, что также является реальной угрозой для этих организмов.

Развитие нанотехнологий относится к перспективным направлениям науки и техники, предполагает расширение возможностей человека в разных областях. Потенциальные угрозы применения таких технологий не означают их запрет. Необходимо создать эффективную систему контроля за их разработкой и применением, начиная, как было указано выше, с оценки безопасности при разработке, исследовании в научном учреждении и заканчивая оценкой безопасности при захоронении отходов. В вопросах нанобезопасности необходим комплексный подход: определять приоритетные задачи, своевременно решать возникающие проблемы, использовать современные методы моделирования рисков. Так, Г.Г. Онищенко предлагает определить основные принципы обеспечения безопасности нанотехнологий. В качестве таковых он выделяет:

- принцип доказанной безопасности;
- обязательное, специальное регламентирование продукции нанотехнологий;
- охрана здоровья и безопасность населения и непосредственных производителей (рабочих);
- охрана окружающей среды;
- ответственность производителей [4, с. 8].

Итак, различными вопросами международной оценки безопасности нанотехнологий занимается ряд международных межправительственных и неправительственных организаций, действующих на территории всего мирового пространства, а также в конкретных регионах. Но не все имеющиеся проблемы в этой сфере до настоящего времени решены. Так, еще в 2007 г. В.Н. Лысцов и Н.В. Мурзин выделяли в качестве одной из опасностей нанотехнологий отсутствие нормативной базы, регулирующей их производство и обращение. Отсутствуют конвенционные определения в сфере наноиндустрии, международные конвенции в области стандартизации нанотехнологий, не существует комплексного подхода в вопросах оценки нанобезопасности, некоторые проблемы организационного характера также требуют разрешения. Таким образом, многие вопросы правового регулирования нанотехнологий не решены и требуют скорейшего разрешения. Это напрямую связано с безопасностью человека, его здоровья, среды обитания. В качестве рекомендаций решения существующих проблем можно предложить следующие: прежде всего восполнить международную нормативную базу, регулирующую вопросы нанобезопасности; разработать единые комплексные подходы к организации такой оценки с учетом особенностей нанообъектов.

Список литературы

1. Багамаев Ш.Г. Соответствие политики развития ГЦС России формированию 6-го технологического уклада в стране // *Russian Economic Bulletin*. 2023. Том 6. № 3. С. 158–164.
2. Лысцов В.Н., Мурзин Н.В. Проблемы безопасности нанотехнологий. М., МИФИ, 2007. 70 с.
3. Нанотехнологии и здоровье населения: научные данные и управление рисками: Отчет о совещании экспертов ВОЗ 10–11 декабря 2012 г., Бонн, Германия [Электронный ресурс]. URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/242788/e96927r.pdf (дата обращения: 08.11.2023).
4. Онищенко Г.Г. Стратегия безопасности в наноиндустрии // *Здоровье населения и среда обитания*. 2011. № 5 (218). С. 4–8 [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_16331295_59749886.pdf (дата обращения: 08.11.2023).
5. Официальный сайт Международной организации по стандартизации ISO [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/committee/381983.html> (дата обращения: 08.11.2023).
6. Официальный сайт Российский институт стандартизации РСТ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gostinfo.ru/pages/Standardization/tk441> (дата обращения: 08.11.2023).
7. Официальный сайт Международный центр управления рисками (IRGC) [Электронный ресурс]. URL: <https://irgc.org/issues/nanotechnology/> (дата обращения: 08.11.2023).
8. Постановление № 49-15 Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ «О рекомендациях “Об этике нанотехнологий”» (Принято в г. Санкт-Петербурге 19.04.2019) // СПС «КонсультантПлюс».
8. Трофимов Н.А., Пипия Л.К. Нанотехнологии: сферы применения и перспективные направления исследований // *Наука за рубежом*. 2011. № 4 С. 1–28.

Об авторах:

КУВЫРЧЕНКОВА Татьяна Владимировна – кандидат юридических наук, доцент, доцент кафедры конституционного, административного и таможенного права ФГБОУ ВО «Тверской государственной университет» (170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33), SPIN-код: 6900-5462, AuthorID: 541033, e-mail: kuvirchenkova@rambler.ru

ЖДАНОВ Сергей Павлович – кандидат юридических наук, доцент, доцент кафедры гражданско-правовых дисциплин ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», (115054, г. Москва, Стремянный переулок, 36), SPIN-код: 5309-4333, AuthorID: 709039, e-mail: zhdanov120009@yandex.ru

ON THE ISSUE OF INTERNATIONAL ASSESSMENT OF THE SAFETY OF NANOTECHNOLOGIES

T.V. Kuvirchenkova¹, S.P. Zhdanov²

¹ Tver State University, Tver

² Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Moscow

Somewhere from the beginning of the 2000s, nanotechnology has been developing very rapidly. It is no coincidence that the current time is usually called the era of nanotechnology or the fourth industrial revolution. But new technologies, which in the future, and even now, are of great practical importance for humanity, can be considered as potentially dangerous for living organisms and nature. The relevance of the study lies in the lack of an integrated approach to assessing the safety of nanotechnologies. The goal of the work is to develop specific proposals, organizational and legal in nature, aimed at increasing the effectiveness of the international assessment of nanosafety. The subject of the study was international standards, domestic legislation, the activities of some international organizations that assess the safety of new technologies, and scientific works of a number of authors. The article analyzes the mechanisms currently available to ensure the international assessment of the safety of nanotechnologies. The research methodology involves the use of both general scientific and specific scientific methods of cognition. In conclusion, the author made some organizational and legal recommendations to improve the efficiency of nanosafety.

Keywords: *nanotechnology, international safety assessment, nanoindustry, technological structure, nanotechnology standardization, Organization for Economic Cooperation and Development, International Organization for Standardization, International Risk Management Center, nanosafety.*

About authors:

KUVIRCHENKOVA Tatyana – PhD in Law, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Constitutional, Administrative and Customs Law of Tver State University (170100, Tver, Zhelyabova St., 33), SPIN-code: 6900-5462, AuthorID: 541033, e-mail: kuvirchenkova @rambler.ru

ZHDANOV Sergey – PhD in Law, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Civil Law Disciplines of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov (115054, Moscow, Stremyanny Lane, 36), SPIN-code: 5309-4333, AuthorID: 709039, e-mail: zhdanov120009@yandex.ru

Кувырченкова Т.В., Жданов С.П. К вопросу международной оценки безопасности нанотехнологий // Вестник ТвГУ. Серия: Право. 2023. № 4 (76). С. 83–91.

Статья поступила в редакцию 10.11.2023 г.

Подписана в печать 27.11.2023 г.