

НАНОЧАСТИЦЫ И ПРИНЦИП ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ*

А. ГРУНВАЛЬД

Профессор Армин Грунвальд родился 20.06.1960 в Германии, изучал физику в университетах Мюнстера и Кёльна, а после защиты диплома по теоретической физике и диссертации по теории термических процессов в сильных магнитных полях в 1987 г. он защитил докторскую диссертацию по философии в Марбургском университете на тему «Культурологическая теория планирования и теоретико-деятельностная реконструкция планирования» (1998). В 1987 – 1991 гг. он работает в сфере системных исследований и программного обеспечения, а затем системного анализа и оценки техники в Германском аэрокосмическом агентстве (1991 – 1995). С 1995 по 1999 г. он становится заместителем директора Европейской академии исследования последствий научно-технического развития, а затем – директором Института оценки техники и системного анализа (ITAS) Исследовательского центра г. Карлсруэ и одновременно профессором факультета прикладных наук Фрайбургского университета. В настоящее время Армин Грунвальд является профессором университета г. Карлсруэ, оставаясь директором ITAS и одновременно возглавляет Бюро по оценке техники Германского Бундестага. С октября 2010 г. университет г. Карлсруэ и Исследовательский центр г. Карлсруэ объединяются в Карлсруэский технологический институт.

В настоящее время особое внимание уделяется публичному обсуждению рисков, связанных с существованием искусственных наночастиц. Искусственные наночастицы – это синтезированные в наномасштабе частицы (фуллерены, нанотрубки или частицы двуокиси титана, используемые, например, в солнцезащитных кремах). В этой статье, я сосредоточусь на искусственных наночастицах именно этого типа, но не буду рассматривать наночастицы, возникающие как непредвиденные побочные эффекты производства или в процессе сгорания.

Синтез искусственных наночастиц имеет огромный рыночный потенциал: их можно добавлять, например, в поверхностные покрытия, в косметические средства или в солнцезащитные кремы. В результате получатся новые продукты, основанные на свойствах наноматериалов. Свойства же последних, находятся в зависимости от размера, формы и структуры поверхности наночастиц, а также от их объема и поверхностной композиции. Сейчас в наномасштабе

*Перевод с немецкого Елены Гаврилиной выполнен в рамках проекта РФФИ «Технонаука в обществе знаний: методологические проблемы развития теоретических исследований в технических науках» № 09-06-00042.

можно синтезировать частицы с заданными физическими и химическими свойствами, что в свою очередь, представляется важным шагом к созданию материалов, обладающих заранее спроектированными качествами. И это всего лишь одна из сфер применения нанотехнологий, в которой открывается путь к «зеленой» химии и «зеленой» нанотехнологии.

Однако все эти потенциальные решения имеют свою цену. Цикл производства, использования и уничтожения материалов, обладающих заданными на наноуровне признаками, может привести к появлению искусственных наночастиц в воздухе, воде, почве и даже в живых организмах. Последствия этого не вполне предсказуемы¹, так как способы распространения наночастиц и их взаимодействие с другими частицами, воздействие на здоровье человека и на окружающую природную среду, в частности, возможные долгосрочные последствия, в настоящее время неизвестны. Хотя возможные отрицательные последствия применения наночастиц для здоровья человека или окружающей среды активно и всесторонне изучаются, существуют еще довольно большие области незнания в этой сфере. В этой ситуации доминирующим мотивом деятельности должен стать принцип предосторожности.

Цель этой статьи – анализ принципа предосторожности, а также исследование возможных последствий его использования. Например, опыт применения асбеста², показывает, что для построения стратегии управления рисками и выработки критериев принятия решений, необходим тщательный нормативный анализ³, а также этическая оценка. Точнее говоря, ориентируясь на принцип предосторожности, нужно понимать, что при оценке риска не существует каких-либо «стандартных ситуаций» в моральном и эпистемологическом смысле⁴. В случае применения наночастиц актуальное состояние «не доказано существование вреда» не должно быть истолковано как «доказано отсутствие вреда».

Такой этический фон выступает как необходимое предварительное условие процедур, в пределах которых общество могло бы определить надлежащий уровень защиты, пороговые значения опасности или стратегии действий. В области исследования наночастиц, без сомнения, большое значение имеют вопросы приемлемости и сравнимости рисков, целесообразности их оценки, осуществимости, а также рациональности действий в условиях неопределенности⁵. Новым предметом исследования становится сейчас этика техники, развивающаяся в тесном сотрудничестве с токсикологией, социальными науками и юриспруденцией. Однако это не означает, что в случае с наночастицами возникают принципиально новые этические вопросы, решение которых еще предстоит. Здесь наблюдается значительное сходство с задачей исследования новых химических веществ, например, путем определения экологических стандартов и стандартов безопасности⁶. Но все же, новая

задача требует новых концептуальных и интеллектуальных подходов к ее решению. В таком ключе данная статья может рассматриваться только как первые шаги к пониманию обсуждаемой темы.

Дискуссии о риске в области использования наночастиц

Долгое время нанотехнологии воспринимались как абсолютно безопасные. В 1990-е годы уровень общественного внимания к ним был довольно низок. Однако в научных журналах приставка «нано» использовалась как синоним «хорошей» науки и техники, что, безусловно, служит указанием на позитивное восприятие исследований в наномасштабе в целом и нанотехнологий, в частности. Нанотехнологии, в отличие от крупных электростанций или химических заводов, представление о которых в общественном сознании часто негативно, обещали лучшее, более чистое и более умное будущее. Эти ожидания строились на положительной оценке представлений о «малом». «Наноажиотаж» в науке и в политической коммуникации⁷ вызвал интерес к нанообласти у общественности и СМИ. Нанотехнологии стали рассматриваться как потрясающий позитивный пример научно-технического прогресса.

Ситуация радикально изменилась в 2000 г. Позитивная утопия манипуляции с «малым» сменилась антиутопией⁸. Понимание двойственности нанотехнологии приобрело драматический характер⁹. Открытая дискуссия об опасности нанотехнологий вызвала к жизни, в том числе и спекулятивные сценарии развития техносферы. Образы «серой слизи», «нанороботов» и «киборгов» получили широкую известность буквально в течение нескольких месяцев¹⁰.

Вскоре возникла ассоциативная связь нанотехнологий с такими амбивалентными областями, как ядерные и биотехнологии. Затем в короткие сроки стало известно о рисках, связанных с использованием наноматериалов, и встал вопрос о необходимости научно-технического управления сферой нанотехнологии. Журналисты отнесли нанотехнологии к категории рискованных, общественное мнение склонилось к тому же¹¹. Таким образом, можно засвидетельствовать, что на наших глазах восприятие нанотехнологий изменилось. В зеркале общественного сознания и массовой коммуникации произошел переход от положительно образа научно-технического прогресса, воплощенного в нанотехнологиях, к восприятию новой технологической действительности, которая несет еще много неисследованных опасностей.

Сейчас решающее значение приобретает социальный опыт анализа технологических рисков в целом. Технологические риски в современном обществе имеют некоторые характерные особенности, что влияет на способы предварительного научного исследования их последствий и оценку техники, а также на общественное восприятие этих рисков. Среди этих характерных особенностей, в частности, следующие¹²:

- обширный спектр неблагоприятных последствий вплоть до глобальных (например, распространение аэрозолей в атмосфере или океанах);
- возрастание длительности технологического воздействия (например, из-за устойчивости химикатов);
- безмерное увеличение числа людей, подверженных возможным опасностям, вплоть до всего современного и будущего человечества;
- отсроченные эффекты: часто ощутимый ущерб может проявиться только через десятки лет (примерами являются история с хлорфторуглеводами, разъедающими озоновый слой и история с асбестом¹³);
- трудности с выяснением причинной связи ввиду весьма сложной и трудно воспроизводимой цепи событий (пример: «коровье бешенство» — *коровья губчатая энцефалопатия*, КГЭ);
- недостаток или даже отсутствие способности воспринимать опасность с помощью человеческих органов чувств (например, в случае радиоактивного излучения);
- размывание ответственности вследствие сложных причинно-следственных связей и большого числа действующих в технологических процессах лиц (см. о проблеме изменения климата);
- необратимость рисков (например, генетически измененные организмы после их возвращения в природную среду уже не могут полноценно ассимилироваться с ней вновь);
- отсутствие точного знания о возможных неблагоприятных последствиях или масштабах возможного ущерба.

Понятно, что многие из этих характеристик риска присущи и искусственным наночастицам, и нанотехнологиям в целом. Например, уже рассматривался тот факт, что наночастицы или нанороботы могут проникать в человеческие тела без ведома человека, а, следовательно, и без какой-либо возможности управлять этим процессом. Мы не в состоянии увидеть их или почувствовать их запах и вкус. Потребители уже сегодня могут легко контактировать с искусственными наночастицами, и вероятность этого из-за расширения рынка соответствующей продукции значительно увеличится в ближайшие годы. Кроме того, пространственное распространение наночастиц, вероятно, не может быть ограничено стратегией сдерживания, и поэтому, как только частицы попадут в окружающую среду, не будет никаких шансов вернуть их к исходному состоянию. Рациональное управление рисками в области оценки опасности наночастиц должно основываться на информации о путях их распространения и о способах поведения в атмосфере или в жидкостях, на знаниях о периодах жизни наночастиц, до тех пор, пока они существуют еще как наночастицы, а не как части более крупных агломераций, на учете их поведения в организме человека и в природной среде и т.д. Однако для применения классических стратегий регулирования риска подобного знания еще не существует¹⁴. В этой ситуации необходимо ориентироваться на принцип предосторожности.

В общественном сознании ухудшение образа нанотехнологии связано с неконтролируемым применением асбеста. Данные об этом послужили примером того, что может произойти в результате интенсивного использования материалов, без тщательного предварительного анализа возможных последствий. Некоторые исследователи указывают на аналогии употребления искусственных наночастиц и асбеста: «Некоторые люди считают, что как мелкие частицы, так и волокна (например, углеродные нанотрубки), производимые с помощью нанотехнологий, могут стать новым асбестом»¹⁵. И хотя фактически нет почти никаких соответствий в физическом или химическом строении, размерах частиц или их формы между волокнами асбеста и искусственными наночастицами, уместность истории асбеста в дискуссиях о риске, связанном с наночастицами, предлагает пример того, что может случиться без ориентации на принцип предосторожности.

Благодаря «чудесным» эксплуатационным свойствам асбеста он широко применялся в промышленности. Отрицательные последствия этого для здоровья людей (асбестоз) были отмечены уже в 1930-е годы, было разработано даже несколько постановлений, направленных на урегулирование проблемы. Однако информация о том, что распространение асбестовых волокон в воздухе вызывает рак легких и мезотелиому, игнорировалась или даже сознательно утаивалась. Статистический учет и оценка данных о пагубных последствиях применения асбеста не велась вплоть до 1960-х годов¹⁶. История промышленного применения асбеста с учетом всех медицинских и экономических последствий демонстрирует необходимость более осторожного подхода в области исследования наночастиц.

Возникновение проблемы риска в сочетании с почти полным незнанием о побочных эффектах нанотехнологий послужили основаниями для резкости и своего рода беспомощности на первых стадиях дискуссий о риске. Высказывания этого периода колебались между оптимистической «выжидательной» стратегией¹⁷, с одной стороны, и жестким предостерегающим, иногда даже «алармистским» подходом – с другой: «Новизна сценариев оценки риска в развитии нанотехнологий связана с тем, что до настоящего времени ущерб, связанный, например, с перевозкой опасных продуктов, носил относительно управляемый характер. Продукт же нанотехнологий может провоцировать постоянные и трудно сдерживаемые экологические последствия. В связи с этим для транспортировки нанотехнологической продукции, а также нанотехнологических процессов требуется организационно-техническая программа профилактики выбросов наночастиц по шкале, соразмерной с опасностью конкретных видов продукции»¹⁸.

Самой известной позицией по регулированию использования наночастиц, вероятно, по-прежнему выступает постулат ЕТС-группы о введении моратория: «На данном этапе мы практически

ничего не знаем о возможном кумулятивном антропогенном воздействии наноразмерных частиц на здоровье человека и окружающую среду. Учитывая проблемы, связанные с загрязнением живых организмов наночастицами, ЕТС-группа предлагает, чтобы правительства немедленно объявили мораторий на коммерческое производство новых наноматериалов и начали глобальный и прозрачный процесс оценки социально-экономических, медико-санитарных и экологических последствий этой технологии»¹⁹. Работа ЕТС-группы значительно стимулировала дискуссии о нормативных ограничениях развития нанотехнологий во многих странах, но, одновременно, она увеличила опасения и протесты как со стороны исследователей нанотехнологий, так и со стороны широкой общественности.

Абсолютно разные, но далеко идущие рекомендации в области исследований нанотехнологий можно свести к следующему: «Центр ответственных нанотехнологий (CRN) выявил несколько источников опасностей молекулярной нанотехнологии (МНТ), в том числе гонку вооружений, “серую” слизь, социальные потрясения, “независимое распространение наночастиц”, и программы, запрещающие нанотех, что повлечет за собой нарушение прав человека. Похоже, что самым безопасным вариантом является создание одной – и только одной – программы развития молекулярной нанотехнологии, которая будет широко распространена, но в нее должно включаться ограничение производственных возможностей»²⁰. Такая стратегия сдерживания развития нанотехнологий будет подразумевать секретность и строгий контроль, что представляется невозможным и небезопасным, а также недемократичным. Кроме того, эта рекомендация не согласуется с идеалом открытого научного сообщества.

Все эти предложения обогатили (и подогрели) общественные и научные дискуссии о рисках нанотехнологий. Сегодняшний взгляд на результаты этих дебатов позволяет рассматривать эти данные как специфические документальные источники. Нанотехнология, которая сама по себе находится все еще в зачаточном состоянии, позиционируется в общественной дискуссии как опасный предмет. Оказалось, что никто не готов к такой ситуации. Нынешнее состояние сферы нанотехнологий характеризуется серьезными проблемами: с одной стороны, существуют серьезные ожидания в отношении потенциальной выгоды от их использования, с другой – мы по-прежнему не имеем никаких достоверных знаний о возможных побочных эффектах. Осуществимость некоторых специфических сценариев развития нанотехнологий, вроде молекулярного ассемблера²¹ и его возможного выхода из-под контроля²², не могут быть оценены адекватно.

Исходя из вышесказанного, понятно, что в первые годы дискуссии о рисках нанотехнологий строились на подозрениях и неопределенности, а не на базе научных знаний и рационального обсуждения.

Тем временем, однако, ситуация изменилась. Интенсивные дискуссии по вопросам нанотехнологий играют значительную роль во многих странах. В немецком парламенте проблема наночастиц, подкрепляемая исследованиями в области социальной оценки техники (СОТ)²³, обсуждается с 2003 г. Исследование Лондонского королевского общества и Королевской инженерной академии позволили сформулировать множество рекомендаций, направленных на ликвидацию пробелов в знаниях и минимизацию возможных рисков. Основное требование этих рекомендаций сводится к использованию превентивного подхода при производстве наночастиц. Следуя ему, правительство Великобритании пообещало содействовать более интенсивному исследованию рисков нанотехнологий, упорядочить существующие правила с точки зрения их применимости к нанотехнологиям, а также усилить публичное обсуждение нанотехнологий²⁴. Одновременно программы исследований возможных побочных эффектов от использования наночастиц были развернуты также в Соединенных Штатах и в Германии.

Однако, невзирая на эти мероприятия общественные волнения, касающиеся наночастиц, не исчезли. Были внесены дополнительные предложения о введении моратория на исследования в области нанотехнологий²⁵. Эмпирическое изучение общественного восприятия нанотехнологий показывает, что в обществе существует по этому поводу значительное беспокойство. В Германии недавно произошла неоднозначная история с моющим средством «MagicNano» (несмотря на свое название, наночастицы там, согласно заявлению компании, не присутствовали). Этот продукт оказался небезопасным для здоровья, однако это не вызвало негативной реакции на использование нанотехнологий в средствах массовой информации, но привело к серьезному беспокойству среди исследователей нанотехнологий, так как пока еще не существуют устоявшиеся отношения общественности к наночастицам. В этой ситуации я сосредоточусь на дальнейшем анализе применения принципа предосторожности и его возможных последствий.

Управление рисками и принцип предосторожности

Стратегии управления рисками, сопровождающими внедрение новых технологий и материалов, имеют долгую традицию. Раньше доминирующим был «выжидательный» подход. Новые вещества создавались исходя из предположения, что, либо это не повлечет за собой никаких негативных последствий, либо потом, позднее можно будет исправить возможную неблагоприятную ситуацию, и, таким образом, компенсационная стратегия рассматривалась также как уместная. Опыт, приобретенный в результате создания новых материалов и технологий и изучения опасностей, связанных с радиационным заражением, привел к осознанию необходимости нормативного регулирования рисков, с тем, чтобы предотвратить

дальнейшее негативное воздействие этих материалов и технологий на здоровье человека и окружающую среду. Важными направлениями такой регуляции по-видимому являются следующие²⁶:

- установление правил работы с конкретными, осознанными рисками (на атомных электростанциях, в химической промышленности, на самолетах и т.д.) для защиты сотрудников и персонала;
- регламентация технологий и продуктов питания и продовольствия (процедур консервирования, максимально допустимых концентраций нежелательных химических веществ, таких, как гормоны и т.д.) для защиты потребителей;
- создание экологических стандартов в различных областях, для поддержания качества окружающей среды (в отношении грунтовых вод, максимально допустимого уровня промышленных выбросов, в эксплуатации электростанций, теплоцентралей и т.д.),
- разработка стандартов безопасности, и вопросов ответственности в целях защиты пользователей и потребителей (в области автомобильного транспорта, для электростанций, в бытовой технике и т.д.).

Существуют отработанные механизмы анализа риска, оценки риска и управления рисками во многих областях науки и техники, в частности, в производстве новых химических веществ и лекарственных препаратов, например, «Закон о контроле над токсичными веществами» в Соединенных Штатах²⁷. Такое «классическое» регулирование риска адекватно, если уровень защиты определен и риск может быть описан количественно как вероятность возникновения отрицательных последствий, умноженных на масштабы возможного ущерба. Здесь пороги ущерба могут быть установлены законом, а риски могут либо находиться ниже определенного уровня, либо минимизироваться. Кроме того, могут быть приняты предупредительные меры путем использования принципа ALARA (принцип достижения цели минимальными средствами — *as low as reasonably achievable*). Эту ситуацию можно описать как «стандартную».

Если условия, необходимые для «классического описания» риска, не выполняются, то следствием этого выступают неопределенность, противоречие и неоднозначные ситуации. В этом случае мы сталкиваемся с тем, что, с одной стороны, научных знаний, касающихся возможных негативных последствий нет вообще, либо они являются спорными и гипотетическими, либо отсутствуют достоверные эмпирические данные. С другой стороны, классические стратегии управления рисками не могут применяться достаточно адекватно, так как неблагоприятные последствия могут иметь катастрофические размеры при малой вероятности их возникновения. Такого рода ситуация мотивировала, например, Ханса Йонаса²⁸ постулировать «эвристику страха». В ней, как ориентир для действия, используется наихудший сценарий. Подход Йонаса вызвал обширную критику. Главными объектами критики в его

концепции были натуралистические трактовки и предполагаемая телеология природы, а также произвольность выводов, вытекающих из изучаемых ситуаций. Стало ясно, что подход Йонаса может быть весьма целесообразным для повышения уровня осведомленности в отношении опасных ситуаций, но было бы абсолютно неверно использовать его для адекватной оценки риска. Поэтому его использование в процессе принятия решения о применимости и адекватности принципа предосторожности неоправдано.

Однако подход Йонаса акцентирует актуальность нормативной рефлексии в тех случаях, когда классические стратегии управления рисками уже не работают. Такие ситуации зачастую представляют собой хорошую почву для манипуляции и идеологизации. Фактически очень трудно определить, что такое «рациональный подход» в условиях риска, и каким образом можно рационально обосновать его. Ни идеологические позиции, ни произвольный выбор стратегий управления рисками не могут быть приняты в качестве «рациональных»²⁹. Реализация принципа предосторожности в Европейском Союзе может быть истолкована как шаг к рациональной стратегии управления рисками в случае недостатка знаний о возможных негативных последствиях.

Наблюдение последствий использования новых материалов, не выявленных на стадии внедрения, крайне неблагоприятных, приводящих к огромному ущербу для здоровья человека, окружающей среды, а также экономики³⁰, вызвало дебаты о предупредительных мерах по их регулированию. В ходе встречи на высшем уровне (Конференция Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию UNCED), состоявшейся в Рио-де-Жанейро в 1992 г. было достигнуто многостороннее международное соглашение о принципе предосторожности. Этот документ стал частью программы XXI века, в нем, в частности, записано следующее: «В целях защиты окружающей среды принцип предосторожности должен применяться государствами-участниками всегда, когда это возможно. В тех случаях, когда существует угроза серьезного или необратимого ущерба, научная неопределенность не должна использоваться в качестве причины для отсрочки принятия экономически эффективных мер по предупреждению ухудшения состояния окружающей среды (Декларация Рио-де-Жанейро, принцип № 15)». Принцип предосторожности был включен в 1992 г. в Договор о Европейском союзе, статья 174 постулирует: «Принимая во внимание разнообразие ситуаций в различных регионах Сообщества, политика ЕС по вопросам окружающей среды должна быть направлена на повышение уровня защиты последней. Эта политика должна быть основана на принципе предосторожности...».

Принцип предосторожности, таким образом, создает основания для политических действий. Он позволяет принимать определенные политические решения на более ранних стадиях потенциально

рискованных ситуаций³¹. Это значительно меняет ситуацию. Раньше политики могли использовать разногласия среди ученых (или злоупотреблять ими) в качестве одной из причин (или собственного оправдания) не принимать никаких мер вообще. В тех случаях, когда накопление соответствующих научных доказательств может потребовать десятилетий, это означает, что политические действия всегда могут быть отложены на том основании, что научные знания еще не сформированы. Таким образом, политические действия могут быть слишком запоздалыми.

Классическая стратегия управления рисками в «стандартной ситуации» заключается в том, чтобы применять ее для просчитываемых и хорошо известных рисков. В противном случае, если вместо определенных знаний присутствуют только мнимые опасения или предположения по поводу ожидаемого ущерба, то нет никаких рациональных оснований для управления рисками. В подходе Йонаса мы рассматриваем худшую из возможных гипотез, но эта стратегия не позволяет действовать легитимно и рационально. Между этими крайностями существуют две области, в которых присутствует некоторое знание, но оно не достаточно для классической оценки рисков. Эти две сферы — неисчислимое знание и эпистемологическая неопределенность. Здесь с полным основанием может применяться принцип предосторожности. Однако, это довольно трудная задача — найти точную грань в принятии законных решений, так как увлечение «выжидательной стратегией» или избыточное количество предостережений могут привести к отсутствию каких-либо действий вообще.

Следующая характеристика принципа предосторожности, несмотря на то, что он не объясняет всех значимых аспектов риска, показывает его сложную структуру: «Если после проведения оценки имеющейся научной информации остается обоснованное беспокойство о возможных негативных последствиях, но научная неопределенность сохраняется, необходимо действовать на основе принципа предосторожности, не ожидая, пока реальность и серьезность этих негативных последствий станет полностью очевидной»³².

Применение принципа предосторожности, как правило, начинается с научной экспертизы. В данном случае необходимо иметь оценку состояния знаний в исследуемой области науки, а также существующих типов и степени неопределенности. На границе между классическими стратегиями управления риском и подходами к описанию гипотетического риска, необходимо принятие четких нормативных решений³³. При оценке неопределенностей, во время применения принципа предосторожности особую роль играют нормативные документы. В ситуации неопределенности стоит выражать «разумную обеспокоенность». Термин «разумная обеспокоенность» используется в качестве руководящего принципа для ЕС, в свою очередь «разумность» беспокойства зависит от

качества имеющейся информации. Таким образом, оценка имеющихся знаний, в том числе с высокой степенью неопределенности, вводит в действие принцип предосторожности.

Исходя из предыдущего анализа ясно, что основные вопросы данной статьи концентрируются вокруг использования наночастиц и изучения возможных последствий их применения. Эти вопросы можно сформулировать так:

1. Можно ли описать сферу нанотехнологий посредством эпистемологической неопределенности или неисчислимого риска?

2. Является ли «разумная обеспокоенность по поводу возможного неблагоприятного воздействия» искусственных наночастиц достаточным основанием для легитимного применения принципа предосторожности?

3. Если да, то какие меры предосторожности, вытекающие из этого позитивного суждения, представляются адекватными?

Первые два вопроса касаются диагностики текущего положения дел, особенно в отношении оценки нынешнего состояния знаний, тогда как третий вопрос направлен на выводы, сделанные в результате диагностики с применением принципа предосторожности. На первый вопрос следует ответить положительно. До сих пор неизвестны вероятности риска, неизвестны или неопределены причинно-следственные отношения, связанные с возможным риском производства, использования и распространения наночастиц. Масштабы возможных последствий, их степень и характер их «серьезности» (в связи с выбранным уровнем защиты) могут в настоящее время оцениваться лишь качественно, даже в лучшем случае. Таким образом, мы наблюдаем типичную ситуацию неопределенности, в которой нельзя использовать существующие стратегии регулирования рисков.

Ответ на второй вопрос, существует ли «разумная обеспокоенность по поводу возможности неблагоприятного воздействия» искусственных наночастиц также представляется положительным. Известны результаты токсикологической экспертизы, в ходе которой изучалось воздействие на крыс высокой концентрации отдельных наночастиц. Эти данные свидетельствуют о серьезных и даже летальных последствиях. Конечно, нельзя однозначно распространять результаты, полученные в опыте с крысами, на людей, но они подтверждают необходимость «разумной обеспокоенности возможностью неблагоприятных последствий», вызванных искусственными наночастицами. Необходимо иметь в виду, что для легитимного применения принципа предосторожности подобного свидетельства о возможности негативных последствий достаточно. Здесь важно отметить, что, с одной стороны, это важное отличие от императива ответственности в смысле Йонаса, потому что в подходе Йонаса нет никаких данных, свидетельствующих о возможности негативных последствий, побуждающих отказаться от

некоторых технологий, а гипотетические риски рассматриваются как достаточные. С другой стороны, здесь есть отличие от строгой классической стратегии управления риском. В контексте «разумной обеспокоенности» доказательства вредного воздействия не необходимы, достаточно лишь свидетельства об их возможности.

Третий вопрос является наиболее сложным. В регулярном применении принципа предосторожности выделяют два аспекта³². С одной стороны, речь идет о непрерывном повышении уровня знаний, с тем, чтобы улучшить и использовать «классические» стратегии управления рисками. С другой стороны, использование принципа предосторожности заявляет о необходимости разработки нормативных механизмов, регулирующих ситуации неопределенности до тех пор, пока удовлетворительный уровень знания не будет достигнут. Обе эти сферы, однако, с трудом поддаются оценке.

Напоминание о том, что принцип предосторожности требует предварительной научной оценки, и о том, что «качество наличествующей информации»³⁵ выступает основой оценки «разумной обеспокоенности», приводит к пониманию того, что оценка состояния знания играет ключевую роль в принятии решений. Однако мы можем зафиксировать не наличие негативных последствий, а только их возможность.

Этот вывод подкрепляется другими исследованиями: «Принимая во внимание сегодняшние знания о специфических для нанотехнологий эффектах (исключая эффект самоорганизации и кумулятивный эффект массового производства), мы не видим причины для серьезной озабоченности глобальными и необратимыми последствиями изучаемых технологий, даже случившимися независимо от воли человека. Такое утверждение находилось бы на одном уровне с оправданием опасения относительно ядерной технологии и генной инженерии»³⁶.

Сама по себе возможность нанесения серьезного ущерба в результате широкого использования наночастиц, однако, не дает основания для использования принципа предосторожности в качестве аргумента для установления моратория или других запретительных мер. Всегда будет существовать возможность создавать спекулятивные сценарии ситуаций с весьма неблагоприятными последствиями, что не позволяет принципу предосторожности достигнуть «рациональности». Следовательно, это показывает, что нет никаких оснований для установления моратория или других жестких мер в соответствии с настоящим состоянием знаний. Именно из-за того, что уровень знаний постоянно изменяется, непрерывный мониторинг и оценка знаний, касающихся производства и воздействия наночастиц на здоровье человека и окружающую среду актуальны как никогда.

В современной науке есть серьезные пробелы, которые должны быть устранены. В вышеуказанных условиях главная задача

состоит в том, чтобы усовершенствовать базу научных знаний, особенно в области токсикологии и экологии. Второе направление необходимых мероприятий состоит в систематическом сборе всех соответствующих знаний и проведении регулярной и комплексной оценки их состояния, изучении следствий этого состояния. Третья область деятельности должна быть направлена на содействие общественному обсуждению и улучшению связи между наукой и обществом.

Однако нет никаких гарантий, что принимая эти меры мы предотвратим все возможные виды рисков. Необходимо помнить, что положение «нет никаких доказательств вреда», не должно быть истолковано как «доказательство отсутствия вреда».

Заключение

Наночастицы и наноматериалы, производимые во многих физических, химических и биологических процессах, представляют собой новые, радикально отличающиеся по свойствам, вещества. Они могут быть использованы для разработки принципиально новых изделий. Многие из этих материалов находятся пока только в исследовательских лабораториях. Вместе с тем, некоторые наночастицы уже присутствуют во многих областях нашей жизни и их число будет значительно увеличиваться в ближайшее время. Большинство известных и используемых наноматериалов еще не достаточно исследовано с точки зрения возможных негативных последствий их применения. Все это означает, что классическая стратегия оценки рисков неприменима. Способы количественного расчета вероятности ущерба и степени возможной опасности пока отсутствуют. Так что неудивительно, что в промышленно развитых странах ведутся оживленные дискуссии о применимости принципа предосторожности.

Принцип предосторожности должен применяться в связи с «разумной обеспокоенностью», основанной на научных исследованиях и оценке знаний. Согласно современным представлениям, такая «разумная обеспокоенность» оправдана сейчас в токсикологических исследованиях наночастиц. Однако не существует никакой «разумной обеспокоенности», которая служила бы оправданием жестких мер в области наночастиц (например, введения моратория на исследования) в соответствии с принципом предосторожности. Много в этом направлении делается, но предстоит еще много работы: должны быть заполнены пробелы в знаниях в области оценки рисков, необходимо выявить возможные источники воздействия, а также разработать действенные методы анализа экологической ситуации и влияния искусственных наночастиц на биологические образцы. Все этапы жизненного цикла продукта нанотехнологий должны быть интегрированы в область научных исследований и разработок.

Что касается «разумной обеспокоенности по поводу возможной опасности», то разумеется необходимо учитывать то, что для всех исследователей в области наночастиц особенно важна осторожность. К таким частицам следует относиться так же, как к новым химическим веществам, даже в том случае, если химический состав частиц хорошо известен. При работе с наночастицами по-прежнему необходимо ориентироваться на индивидуальный подход, поскольку к ним пока еще не могут применяться специфические номенклатуры, классификации и стандартные схемы. Данная ситуация должна быть изменена как можно скорее³⁷.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ *Colvin V.* Responsible Nanotechnology: Looking Beyond the Good News. – Centre for Biological and Environmental Nanotechnology at Rice University. <http://www.eurekalert.org/>, 2006.

² *Gee D., Greenberg M.* Asbestos: from «Magic» to Malevolent Mineral // *Harremoos P., Gee D., MacGarvin M., Stirling A., Keys J., Wynne B., Guedes Vaz S.* (eds.). The Precautionary Principle in the 20th Century. Late Lessons from Early Warnings. – London: Sage, 2002. – P. 49 – 63.

³ *Schomberg R.* The Precautionary Principle and Its Normative Challenges // *Fisher E., Jones J., Schomberg R. von.* (eds.). The Precautionary Principle and Public Policy Decision Making. – Cheltenham (UK); Northampton (MA), 2005. – P. 141 – 165.

⁴ *Grunwald A.* Nanotechnology – A New Field of Ethical Inquiry? // *Science and Engineering Ethics*. Vol. 11. 2005. No. 2. – P. 187 – 201.

⁵ *Rescher N.* Risk. A Philosophical Introduction to the Theory of Risk Evaluation and Management. – Lanham, 1983; *Shrader-Frechette K.S.* Risk and Rationality. Philosophical Foundations for Populist Reforms. – Berkeley, 1991.

⁶ *Schmid G. et al.* Nanotechnology – Perspectives and Assessment. – Berlin et al.: Springer, 2006. Sec. 6.2.1.

⁷ *Paschen H., Coenen C., Fleischer T., Grünwald R., Oertel D., Revermann C.* Nanotechnologie. Forschung und Anwendungen. – Berlin et al.: Springer, 2004.

⁸ *Joy B.* Why the Future Does not Need Us. *Wired Magazine*. April 2000. – P. 238 – 263.

⁹ *Grunwald A.* Converging technologies: Visions, increased contingencies of the *conditio humana*, and search for orientation. *Futures*. 39 (2007). – S. 380 – 392.

¹⁰ См.: *Schmid G. et al.* Nanotechnology – Perspectives and Assessment.

¹¹ *Munich R.* Nanotechnology – What is in Store for Us? *Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft*. – München. http://www.munichre.com/publications/302-03534_en.pdf [12.11.2005].

¹² *Grunwald A.* The Case of Nanobiotechnology. Towards a Prospective Risk Assessment // *EMBO reports*. Special Issue. Vol. 5. October 2004. – P. 32 – 36.

¹³ См.: *Harremoos P., Gee D., MacGarvin M., Stirling A., Keys J., Wynne B., Guedes Vaz S.* eds. The Precautionary Principle in the 20th Century. Late Lessons from Early Warnings.

¹⁴ CM.: *Schmid G.* et al. Nanotechnology – Perspectives and Assessment.

¹⁵ *Ball P.* Nanoethics and the Purpose of New Technologies. Lecture at the Royal Society for Arts. – London, March 2003. <http://www.whitebottom.com/philipball/docs/Nanoethics.doc> [2.10.2006]

¹⁶ *Gee D., Greenberg M.* Asbestos: from «Magic» to Malevolent Mineral. – P. 49 – 63.

¹⁷ *Gannon F.* Nano-nonsense // EMBO reports. 2003. Vol. 4. No. 11. – P. 1007.

¹⁸ *Munich R.* Nanotechnology – What is in Store for Us? Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft.

¹⁹ ETC-Group. The Big Down. Atomtech: Technologies Converging at the Nanoscale. <http://www.etcgroup.org> [2.10.2006].

²⁰ *Phoenix C., Treder M.* Applying the Precautionary Principle to Nanotechnology. The Centre for Responsible Nanotechnology. <http://www.crnano.org/Precautionary.pdf> [2.10.2006].

²¹ CM.: *Drexler K.E.* Engines of Creation – The Coming Era of Nanotechnology. – Oxford: Oxford University Press, 1986.

²² *Joy B.* Why the Future Does not Need Us. – P. 238 – 263.

²³ *Paschen H., Coenen C., Fleischer T., Grünwald R., Oertel D., Revermann C.* Nanotechnologie. Forschung und Anwendungen. – Berlin et al.: Springer, 2004.

²⁴ UK Gov. H.M. Government. Response to the Royal Society and Royal Academy of Engineering Report. http://www.ost.gov.uk/policy/issues/nanotech_final.pdf [March 7, 2005].

²⁵ Friends of the Earth Nanomaterials, sunscreens, and cosmetics. Small Ingredients. <http://www.foe.org/camps/comm/nanotech/nanocosmetics.pdf>. 2006.

²⁶ CM.: *Schmid G.* et al. Nanotechnology – Perspectives and Assessment.

²⁷ *Wardak A.* Nanotechnology & Regulation. A Case Study Using the Toxic Substance Control Act (TSCA). Woodrow Wilson International Center, Foresight and Governance Project. Paper 2003-6.

²⁸ *Jonas H.* Das Prinzip Verantwortung. – Frankfurt/M.: Suhrkamp; english: The Imperative of Responsibility. 1984.

²⁹ *Decker M., Grünwald A.* Rational Technology Assessment as Interdisciplinary Research // Decker M. (ed.). Implementation and Limits of Interdisciplinarity in European Technology Assessment. – Berlin et al., 2001. – P. 33 – 60.

³⁰ CM.: *Harremoes P.* et al. The Precautionary Principle in the 20th Century. Late Lessons from Early Warnings.

³¹ Ibid.

³² Ibid.; *Schmid G.* et al. Nanotechnology – Perspectives and Assessment.

³³ *Rescher N.* Risk. A Philosophical Introduction to the Theory of Risk Evaluation and Management.

³⁴ *Haum R., Petschow U., Steinfeldt M., Gleich A. von.* Nanotechnology and Regulation within the Framework of the Precautionary Principle // Schriftenreihe des IÖW. 173/04. – Berlin, 2004.

³⁵ *Schomberg R.* The Precautionary Principle and Its Normative Challenges // *Fisher E., Jones J., Schomberg R. von* (eds.). The Precautionary Principle and Public Policy Decision Making. – Cheltenham (UK); Northampton (MA), 2005. – P. 141 – 165.

³⁶Haum R. et al. Nanotechnology and Regulation within the Framework of the Precautionary Principle.

³⁷Renn O., Roco M.C. Journal of Nanoparticle Research. 2006. 8(2). – P. 153 – 191.

Аннотация

В настоящее время особое внимание в публичных дебатах, посвященных рискам, связанным с новыми технологиями, привлекают вопросы предосторожности в использовании наночастиц, которые часто еще недостаточно исследованы, но уже направляются в сферу нанопроизводства и коммерческого применения. В данном случае, как подчеркивает автор, требуется особый подход в анализу рисков и социальной ответственности ученых и инженеров.

Ключевые слова:

наночастицы, риск, принцип предосторожности.

Summary

Currently, special attention in the public risk debate is being paid to synthetic nanoparticles. A vast potential market for nano-based products is seen in this field. New products, based on new properties of nano-materials can be brought about in admixtures or specific applications of nanoparticles. With respect to the reasonable concern for the possibility of hazards, specific caution in responsibly dealing with synthetic nanoparticles is required.

Keywords:

nanoparticles, risk, precautionary principle.