



4. Горбачев, Ю.Е. От электронных учебников к виртуальным лабораториям / Ю.Е. Горбачев [и др.] // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2006. – №5. – С. 35–52.
5. Козлов, А. Виртуальные лаборатории. За и против / А. Козлов // Школьные технологии. – 2008. – №1. – С. 131–134.
6. Кривова, В.А. Новые методические подходы к классификации программных продуктов в системе компьютерного тренинга в Современной гуманитарной академии / В.А. Кривова, О.В. Фёдорова // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2007. – №8 – С. 63–70.
7. Семенюк, В.П. Виртуальный лабораторный практикум по химии и дидактические возможности его использования / В.П. Семенюк // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе: сборник научных статей, материалы I Международной научно-практической конференции, Витебск, 25-26 марта 2013 г. / Вит. гос. ун-т ;редкол.: А.П. Солодков (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2013. – С. 110–113.
8. Смирнов, А.В. Современные учебные информационно-измерительные системы / А.В. Смирнов, С.А. Смирнов // Физика в школе. – 2008. – №7. – С. 40–43.
9. Турина, И.А. Виртуальная информационно-образовательная лаборатория как средство развития самостоятельности школьников / И.А. Турина, О.А. Медведева // Информатика и образование. – 2007. – №3. – С. 107-109.
10. Туров, В.В. Система дистанционного образования на основе сетевых технологий / В.В.Туров [и др.] // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2007. – №11. – С. 40–44.

УДК 544.2 (075.8)

**О.В. Сергеева**

*Белорусский государственный университет, г. Минск*

## **НАНОПРОБЛЕМАТИКА В ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОМ ОБРАЗОВАНИИ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

В современном развитии естественнонаучного образования выражена тенденция повышенного интереса к нанопроблематике. Образовательные программы в области нанонауки и нанотехнологии приняты во всех промышленно развитых странах. Новые учебные программы и курсы, призваны, с одной стороны, обеспечить подготовку специалистов для нанонауки и наноиндустрии, с другой – дать представление о современных научных проблемах, касающихся закономерностей, действующих в низкоразмерных системах. На химическом факультете Белорусского государственного университета ряд соответствующих курсов также введен в программу подготовки специалистов. В частности, на кафедре неорганической химии разработан учебный курс по нанохимии в двух версиях: элективный курс для научно-производственного отделения и специальные курсы для направлений «Химия твердого тела» и «Неорганическая химия», издано учебное пособие для студентов химического факультета «Введение в нанохимию».

В большинстве публикаций, касающихся нанотехнологии и нанохимии, постоянно подчеркиваются интересные и уникальные свойства наночастиц и связанные с ними преимущества материалов и систем на их основе, их роль в научно-техническом прогрессе и т.д. Однако реальные и ощутимые вредные последствия производства и использования асбеста, пестицидов, развития ядерной энергетики, порождают опасения относительно последствий производства и использования наноматериалов, а также способности ученых, индустрии и правительств обеспечить безопасность новых технологий. Сейчас появляется довольно много свидетельств того, что нанореволюция вызывает серьезные экологические, социальные и этические проблемы, представляющие значительную угрозу для здоровья и безопасности человека и окружающей среды.



Таким образом, очевидно, что в курсе нанохимии (как в любом курсе химии вообще), обязательно должен присутствовать экологический компонент хотя бы на уровне постановки проблемы. В элективном курсе «Нанохимия» экологические аспекты затрагиваются уже во вводной лекции, когда мы говорим о возможностях нанотехнологий и проблемном поле нанохимии. В специальных курсах предусмотрена отдельная лекция «Проблемы охраны труда, здоровья, окружающей среды в свете развития нанотехнологий».

В лекционном материале подчеркивается, что проблема нанобезопасности неотделима от проблемы экологической безопасности в целом, хотя и имеет свои специфические особенности. Проблема развития нанотехнологий и безопасности человечества может быть рассмотрена с разных сторон. Исходя из этого, вводятся определенные блоки «положительной» и «отрицательной» информации. Ниже приведены некоторые примеры.

*Нанотехнологии в охране окружающей среды.* В перспективе определенные нанотехнологические разработки могут сыграть значительную роль в решении проблем охраны окружающей среды. Это в первую очередь использование наноустройств для контроля продуктов и отходов химических производств, позволяющих регистрировать малые количества загрязняющих агентов в воздухе и воде, создание новых чистых технологий с минимальным выходом вредных отходов, а также способов переработки мусора, ядерных отходов, очистки загрязненных водоемов с помощью наноструктурных материалов.

Положительное влияние нанотехнологий на окружающую среду может быть связано также с сокращением отходов производства и повышением энергетического к.п.д. за счет разработки новых методов катализа с использованием наноразмерных реагентов как в гомогенных, так и гетерогенных системах; использованием нанокompозитных материалов с повышенной стойкостью к воздействию окружения, длительным сроком службы и минимальным воздействием на окружающую среду, небольших легких конструкций и устройств с низким энергопотреблением.

Наносистемы могут составить основу энергетических производств на возобновляющихся источниках энергии, функционирование которых создает гораздо меньше отходов. На основе наноматериалов могут быть созданы «зеленые технологии» во многих отраслях промышленности.

*Нанотехнологии, предназначенные для нанесения вреда человеку и среде его обитания.* Как и традиционно все новейшие технологии, нанотехнологии применяются для создания новых видов вооружения. Нанотехнологические разработки для военных целей предназначены и используются именно для того, чтобы нанести максимальный вред противнику, то есть человеку и его окружению. Нанотехнологии позволяют организовать производство даже в регионах с малым запасом минеральных ресурсов, что делает небольшие боевые группы вполне самостоятельными и независимыми от источников сырья.

Для военной сферы представляют интерес исследования по следующим основным направлениям: технология создания и противодействия «невидимости»; энергетические ресурсы; системы связи; самовосстанавливающиеся системы (позволяющие, например, чинить броню танков или защитной одежды, изменять цвет их поверхности в соответствии с цветом окружающей среды и т.п.); новые виды химического и биологического оружия и устройств их обнаружения; создание самонаводящегося оружия, боевых роботов, сложных систем виртуальной реальности для подготовки к боевым действиям в любой обстановке.

*Наночастицы в окружающей среде.* Как всякая технология, нанотехнология имеет отходы и выбросы, следовательно, наночастицы попадают в окружающую среду. Понятно, что наличие наночастиц в среде является источником вторичной экспозиции человека. Наноматериалы утилизируются и поступают в окружающую среду, несмотря на то, что их воздействие неизвестно и нет достаточно эффективных средств для их обнаружения,



отслеживания или удаления. Риск зависит от их токсичности, о которой пока мало известно, и от их количества.

И на производстве, и в лаборатории работа часто ведется без всяких специальных мер, обеспечивающих безопасность сотрудников. Продукты, содержащие наноматериалы и нанокomпоненты, не имеют специальной маркировки, как правило, потребителя не информируют о возможных рисках (либо по незнанию, либо умышленно). Нередко производители новой продукции в рекламных целях преувеличивают положительные свойства и опускают возможные отрицательные эффекты, связанные с поступлением в окружающую среду токсичных и опасных продуктов в результате работы какого-либо устройства.

Ситуация осложняется тем, что многие наноструктуры производятся не одним, а несколькими способами. Это, с одной стороны, увеличивает ассортимент рисков, с другой стороны, позволяет надеяться, что одни и те же продукты, полученные с использованием различных технологий, будут оказывать не одинаковое воздействие (может быть, и менее вредное) на человека и среду его обитания.

Серьезное изучение поведения наночастиц в природном окружении началось лишь недавно. Они способны накапливаться в воздухе, почве и сточных водах, но могут разрушаться под действием света и химических веществ, при контактах с микроорганизмами. Наноматериалы, как правило, легче вступают в химические превращения, чем компактные вещества того же состава, и образуют при этом соединения с малоизвестными свойствами. Это заставляет с особым вниманием относиться к связанным с ними рискам. Уже проведенные, хотя и немногочисленные, исследования дают повод для беспокойства. Например, доказано, что наноразмерный алюминий в большом количестве останавливает рост корней пяти товарных сельскохозяйственных культур, побочные продукты производства углеродных нанотрубок вызывают рост смертности и задержку развития небольших ракообразных, наносеребро наносит вред ряду полезных микроорганизмов.

Можно выделить основные научные направления, связанные с проблемами окружающей среды:

– изучение механизмов конкретных наномасштабных процессов и возможностей их регулирования, включая осаждение и кристаллизацию белков, десорбцию загрязняющих агентов, стабилизацию коллоидных дисперсий, агрегацию мицелл, подвижность микробов, образование и подвижность наночастиц, их взаимодействие с тканями живых организмов. Необходимо тщательно изучать процессы на межфазных границах твердое тело/жидкость, твердое тело/газ с участием минеральных и органических компонентов почв, биомолекул, клеток, микробов, биологических тканей, а также антропогенных источников загрязнения (например, радиоактивных веществ и тяжелых металлов);

– разработка новых методов описания поверхностей, межфазных границ и других нанометровых структур, участвующих в экологических процессах (включая биологические процессы в живых организмах);

– объединение данных о роли молекулярных и наноразмерных явлений во временной эволюции естественных мезо- и макросистем.

*Воздействие наночастиц на организм человека и нанотоксикология.* Попав каким-либо путем в окружающую среду, наночастицы могут проникать в организм человека, реагировать с клетками и вызывать повреждения тканей. Рабочие, занятые в nanoиндустрии, могут подвергаться воздействию наночастиц в процессах производства, обработки, транспортировки и утилизации материалов, содержащих наночастицы. Еще один очевидный путь воздействия наночастиц на человека – когда они вводятся умышленно с благой целью (в составе продуктов питания, косметических средств, лекарств, имплантантов и искусственных органов). Благодаря своим размерам, наночастицы легко могут проникать



через биологические мембраны и попадать в клетки, органы и ткани. Для них характерна повышенная способность связываться с биомолекулами (ДНК, РНК, белками) с возможной модификацией их свойств. Они легко преодолевают физиологические барьеры (гематоэнцефалический или плацентарный). Ввиду своей высокой адсорбционной емкости они могут выступать в роли «проводников» поступления в организм некоторых токсинов и микробов, а из-за высокой каталитической активности – в роли инициаторов процесса свободно-радикального пероксидного окисления. Осаждаясь и накапливаясь в тканях организма, наночастицы способны вызвать ряд заболеваний – хронические заболевания легких, злокачественные опухоли, нейродегенеративные расстройства (типа болезни Паркинсона и Альцгеймера), нарушение мозгового и коронарного кровообращения, сердечной деятельности, процессов репликации ДНК. Последнее особенно опасно, так как может вызывать мутации и изменения генома, влиять на наследственность. Возможность генотоксической активности связана не только с высокой проникающей способностью, канцерогенным действием, индукцией свободных радикалов, но и со способностью наночастиц непосредственно связываться с ДНК, располагаться в митохондриях и ядре клетки, воздействовать на внутриклеточные структуры, в том числе на цитоскелет и хроматин.

Сказанное подтверждает, что нанотехнологии – это не только новые возможности, но и новые вызовы и новые проблемы. Осознание этих проблем должно стать частью мировоззрения современного специалиста-химика, войти в его личную систему ценностей, способствовать формированию экологической культуры как части общей культуры. В этом процессе невозможно переоценить роль активных форм обучения.

В идеале, прослушанная лекция – всего лишь стимул для самостоятельного творческого поиска. Для реализации результатов этого поиска отличным полем являются семинарские занятия, при проведении которых не обязательно придерживаться традиционной формы «вопрос-ответ». Более интересными и эффективными могут быть семинары-дискуссии или семинары-конференции. Студентам заранее предлагается общая тема «Нанотехнологии: pro et contra», и каждый определяет для себя, к какому условному лагерю он принадлежит. Далее каждая группа самостоятельно подбирает материалы, подтверждающие либо положительное влияние нанохимии и нанотехнологии на состояние окружающей среды, жизнь и здоровье человека и общества, либо, наоборот, доказывающие их отрицательное воздействие. В случае семинара-дискуссии полученная информация излагается в устных сообщениях, модератор дискуссии из числа студентов (или преподаватель) регулирует процесс так, чтобы могли сталкиваться разные мнения. В случае семинара-конференции каждая группа (или отдельные ее участники) представляет свой блок информации в виде компьютерной презентации либо ряда презентаций («Альтернативная энергетика», «Наночастицы в диагностике и лечении заболеваний», «Наносенсоры», «Нанотоксикология» и др.) и отстаивает свою позицию, используя и визуальный образный ряд.

Отдельный интересный аспект проблемы нанобезопасности – законодательное регулирование производства и использования наноматериалов и продуктов, содержащих наночастицы. Нанотехнология является новой реальностью, пока плохо поддающейся государственному регулированию, так как весьма сложно использовать для этой цели уже существующие законы. Необходимы принципиально новые законодательства, новые механизмы и институты регулирования, в том числе международные. Поиск и анализ содержания нормативных документов, касающихся этих вопросов, выделение их экологической составляющей также может стать темой практического или семинарского занятия.