

И.И. Ашмарин, Г.Б. Степанова

Нанотехнологии в оценках студентов-биологов и студентов-физиков

Настоящая статья посвящена результатам эмпирического исследования, проведенного авторами среди студентов биологического факультета МГУ и Московского инженерно-физического института (МИФИ) с целью изучения их представлений и оценок относительно сути и целей нанотехнологий и возможных последствий применения нанопродукции, а также сравнения этих представлений у будущих биологов и будущих физиков. Но прежде, чем приступить к изложению и обсуждению результатов исследования, порассуждаем о самих нанотехнологиях.

Нанотехнологии предполагают создание изображений объектов, измерения различных величин, манипулирование группами атомов и молекул, а также отдельными атомами и производство материалов в масштабе от одного до 100 нанометров. Один нанометр (1 нм) – единица измерения длины, равная одной миллиардной доли метра. Для наглядности представления этого масштаба скажем, что, например, толщина листка писчей бумаги – сто тысяч нанометров. Но, чтобы понять научный и прикладной смысл нанотехнологий, лучше сразу дистанцироваться от излишне популярной наглядности и привести «смыслонесущие» величины, например: условный диаметр атома водорода – 0,05 нм, золота – 0,3 нм, толщина нити ДНК – 2 нм и т. д. То есть масштаб нанотехнологических операций – это масштаб атомно-молекулярного мира, раньше его называли микромиром, а теперь вполне можно назвать *наномиром*.

Рождение понятия *нанотехнология*, а главное, его концепции можно связать с 1959 г., когда лауреат Нобелевской премии Р.Фейнман выступил с лекцией «Там внизу много места» в Ка-

лифорнийском технологическом институте на ежегодной встрече Американского физического общества. Он высказал предположение, что возможно механически перемещать одиночные атомы при помощи манипулятора соответствующего размера; по крайней мере, такой процесс не противоречил бы известным на сегодняшний день физическим законам. В этой же лекции Р.Фейнман описал предполагаемый им манипулятор.

Веховыми в развитии этой концепции можно считать два события. Первое – создание сканирующего туннельного микроскопа и сканирующего атомно-силового микроскопа (Нобелевская премия по физике 1992 года), позволившего не только получать изображения отдельных атомов в кристалле, но и перемещать или переставлять их в нужном порядке. И второе – открытие не существовавшей ранее в природе пространственной (молекулярной) формы существования углерода – фуллеренов (Нобелевская премия по физике 1996 года), что дало возможность создавать трехмерные структуры. Нанотехнологии в совокупности с био- и информационными технологиями вполне можно считать базой научно-технической революции XXI в., потому что в ходе ее происходит смена привычного «сценария» развития прикладных наук: к движению «сверху вниз» – в сторону миниатюризации создаваемых объектов – присовокупилось движение «снизу» – с уровня атомов и молекул, из которых, как из кубиков, «собираются» нужные материалы и системы с заданными свойствами.

По ходу этого повествования нелишне будет заметить, что природа «освоила» нанотехнологии задолго до появления человека. Приведем почти забавный пример. Все знают, что мухи легко могут ползать по вертикальной стене и по потолку, все знают, но не все удивляются, и уж мало кто знает, как им это удается. А дело в том, что малообразованные мухи используют одну из природных нанотехнологий. Их лапки покрыты очень тонкими волосками, которые соприкасаются с поверхностью на расстоянии в несколько нанометров. При этом образуется известная в физике связь Ван-дер-Ваальса – сила межмолекулярного взаимодействия, которая сама по себе слаба, но удерживает муху благодаря ее малому весу, с одной стороны, и громадному количеству точек сцепления – с другой.

Пример, конечно, забавный, но смысл в нем вполне серьезный. Мухе про силы Ван-дер-Ваальса знать не надо, эту нанотехнологию она освоила в процессе своей эволюции. У насекомых, не умевших ползать по любой поверхности, было ограниченное жизненное пространство или, точнее, жизненная поверхность, у них было меньше возможностей передвижения и т. д., и они были отбракованы в ходе естественного отбора. Но человек не только осваивает природные технологии, но сам их создает и сам осваивает им же созданное. И тут мы вступаем в новую плоскость рассуждений.

В отличие от научных революций прошлого нанотехнологическая революция развивается на основе взаимного обогащения различных технологий из различных областей науки, что вызывает к жизни множество новых открытий и концепций, – это первое отличие. А второе – то, что темпы ускорения соответствующих перемен таковы, что люди не успевают осознавать их релевантность, их последствия и свою к ним причастность. Поэтому реакция различных сообществ на технологические новшества порождает, вообще говоря, новые конфликты. Когда страны и народы сталкиваются с влиянием новых технологий на их образ жизни и культуру, это неизбежно ведет к появлению целого ряда проблем: экономических, правовых, социальных, гуманитарных, этических. Что касается экономических и частично правовых проблем, то они, как правило, актуализируются сразу, непосредственно влияя на эффективность технологий, в данном случае нанотехнологий, и оптимальность требуемых затрат и усилий. Проблемы эти проявляются в реальном масштабе времени, в том же масштабе решаются и поэтому необратимых последствий они, в основном, не создают.

Но совсем иначе дело обстоит с социальными, гуманитарными и этическими проблемами. «Инкубационный период» у них может оказаться несоизмеримо дольше, а вероятность возникновения тяжелых последствий внедрения нанотехнологий, равно как и уровень их необратимости – существенно выше. Причем здесь человечество и человек попадают в зону действия факторов риска, именно риска, а не опасностей. Опасности, в отличие от факторов риска, видны сразу или довольно скоро обнаруживаются – как раз с опасностями в основном и сопряжены экономические и право-

вые проблемы. А факторы риска сразу не обнаруживаются, и часто их очень трудно предвидеть – это потенциальные опасности с плохо предсказуемыми последствиями.

Нанотехнологии – классический пример мощного генератора таких факторов риска. Их происхождение коренится в общем источнике потенциальных выгод и опасностей нанотехнологий: наноматериалы имеют совершенно не такие химические, физические и биологические свойства, как обычные материалы. Это обусловлено, в частности, чрезвычайно большим отношением площади их поверхности к объему. Отсюда – высокая реакционная способность наноструктур, способность их аккумуляции в окружающей среде и пищевых продуктах, возможности глубокого проникновения в печень, мозг, легкие и другие органы человека. Показаны факты связывания и переноса наночастицами некоторых особо опасных загрязняющих примесей. Обнаружены совершенно необычные явления: например, золото, которое с древнейших времен ценилось за свою химическую инертность, становится высоко реактивным, когда готовится в виде наночастиц. И таких примеров уже сейчас можно привести довольно много, а сколько их появится через пять, десять, пятьдесят лет, никто не может предсказать. Сюда можно добавить и психологические проблемы внедрения нанопродукции в повседневную жизнь человека. Такого рода проблемы гораздо реже затрагиваются в научной литературе, тем не менее они достаточно серьезны и актуальны именно в контексте анализа факторов риска при внедрении нанотехнологий. Здесь, помимо традиционно напряженных отношений *производитель-потребитель*, могут возникнуть специфические особенности. Принципиально новые свойства нановеществ, не существовавших ранее в природе, могут вызвать априорное отторжение нанопродукции у населения именно в силу ее «неприродного» происхождения. А стараниями вездесущих некомпетентных журналистов это может спровоцировать такой социальный протест, какой самым радикальным деятелям общества «Гринпис» и не снился. Кроме того, как мы уже говорили, масштаб нанотехнологических операций – это масштаб атомно-молекулярного мира, в котором действуют законы квантовой механики. При этом ее базовые принципы, такие, как дуальность природы элементарных частиц (их одновременно волновые и корпускулярные свойства), принцип неопределенности Гейзен-

берга, вероятностный характер волновой функции, управляющей всем квантовым миром, могут быть вняты только профессиональным физикам. Реакция же рядового обывателя на такую «зыбкость» этого мира совершенно непредсказуема, как непредсказуема его реакция на все, что известно науке, но неизвестно ему¹.

* * *

Рассматривая продукцию нанотехнологий, важно отметить их значимость и инновационность. Большинство сегодняшних разработок направлены на улучшение уровня жизни человека, усовершенствование существующего оборудования, развитие медицины и т. д. Существует несколько основных направлений, по которым развиваются нанотехнологии, и типологий этих направлений. Например, европейская патентная база включает следующие разделы:

Нанобиотехнологии

Нанотехнологии для передачи и хранения информации

Нанотехнологии для науки о веществе и поверхности

Нанотехнологии для измерения свойств вещества

Нанооптика

Наномагнетики

Каждому из разделов однозначно поставлены в соответствие подразделы из различных сфер знаний (физика, биология, химия и т. д.) и отраслевых направлений (материалы, ткани, технологии и т. д.)².

Работы, проведенные в Институте статистических исследований и экономики знаний (ВШЭ), позволили сделать вывод о том, что в рамках направления «Индустрия наносистем и материалов» в нашей стране возможна организация крупных инвестиционных проектов, сосредоточенных в следующих областях:

«1. *Медицина*. Эта область включает технологии для создания биомедицинских материалов и доставки лекарственных средств; наноконтейнерные технологии векторной доставки лекарств; наноструктурированные материалы и покрытия для создания имплантатов; биосовместимые материалы, имитирующие ткани живых организмов; наноматериалы для технологий экстренной остановки кровотечений и др.

2. *Материалы.* К этой области относятся полимерные материалы с повышенной механической прочностью и химической стойкостью; полимерные антифрикционные, тепло- и огнестойкие материалы; коррозионностойкие материалы и покрытия для экстремальных условий эксплуатации; упрочняющие инструментальные покрытия для машиностроения; тонкие пленки функциональных материалов; полифункциональные алмазоподобные пленки и др.

3. *Энергетика.* В эту область входят материалы для традиционных и альтернативных источников энергии, в т.ч. для солнечных батарей; портативные топливные элементы; электрохимические и термоэлектрические источники тока; суперконденсаторы; компактные генераторы водорода; конверсия природного и попутного нефтяного газа вблизи мест добычи и др.»³.

Еще одним направлением во всех странах можно считать *разработки в области обороны*. В частности, речь идет о разработке нового типа взрывчатки, средств для быстрого заживления ран, биохимических датчиков и т. д. По понятным причинам большинство наноразработок в области обороны засекречены. Также важно обозначить развитие наноэлектроники. Например, достаточно перспективным считается применение нанопроводов (nanowires), наномасштабных нитей из различных материалов. Данная технология может помочь в создании энергонезависимой магнитной памяти следующего поколения. Если говорить о более простом применении нанотехнологии, то это модификация домашней техники – «умный дом» с бесчисленным числом нанодатчиков, холодильники, созданные из нанокомпозитных материалов и т. д.⁴.

Такой широкий спектр применения нанотехнологий определяет и довольно значительный спектр факторов риска, о которых мы уже говорили выше. В первую очередь это риски для здоровья, безопасности и окружающей среды. Понимание рисков для здоровья и окружающей среды, связанных с наноматериалами и, в частности, с наночастицами, является ключевым фактором для их безопасного применения в стандартных процессах производства. Мировое научное сообщество уже вполне осознало, что риски от использования наночастиц при воздействии на организм человека существуют. Так, например, еще в 2004 г. Королевское общество и Королевская инженерная академия опубликовали по просьбе правительства Великобритании обзор возможностей и неопреде-

ленностей применения нанотехнологий. С тех пор по заказу государственных ведомств, отраслевых ассоциаций, страховых организаций было проведено более 50 национальных и международных исследований по этой проблеме, результаты которых можно резюмировать следующим образом:

существуют потенциальные риски для здоровья и окружающей среды при производстве и использовании наночастиц;

существует недостаток знаний о том, что из себя представляют эти риски и как им противодействовать;

по мере разработки и внедрения нанопродукции потенциал воздействия на людей и окружающую среду будет увеличиваться;

требуется дополнительная информация о токсичности воздействия и факторах риска.

Всем заинтересованным сторонам (разработчикам, производителям и т. п.) необходимо уже сейчас озаботиться этими проблемами факторов риска и приступить к их решению⁵.

Как мы уже отмечали выше, наночастицы представляют собой в том числе новую структурную форму вещества того же химического состава, и эксперты сходятся в том, что совершенно необходимо исследовать потенциальные токсические и другие неблагоприятные риски, связанные с этим новым состоянием, – риски, которые невозможно надежно оценить, исходя из свойств массивных материалов. Наибольшие опасения по поводу безопасности нанотехнологий вызывают исследования в области медицины – той области, где наночастицы целенаправленно воздействуют на человеческий организм. Попадая в организм, наночастицы способны повреждать клеточные мембраны, нарушать функции биомолекул, в том числе молекул генетического аппарата клетки и клеточных органелл (митохондрий), приводя к нарушению регуляторных процессов и гибели клетки.

Главным фактором риска применения медицинских нанотехнологий является недостаток информации о взаимодействии конкретных наночастиц с человеческим организмом. В работе⁶ ставится еще одна проблема, возникающая на пути развития нанотехнологий. По мнению экспертов Европейского союза, это существующий разрыв между науками о живом и науками о материалах. Этот разрыв обусловлен целым рядом причин, среди которых называются следующие: использование различного понятийного

аппарата специалистами, работающими в этих областях; различие в культуре мышления представителей наук о живом и наук о материалах; различные объекты исследований (внимание ученых сосредоточено на различных свойствах, присущих разным объектам, в исследованиях используется разная методология; науки о жизни и науки о материалах отделены друг от друга в различных программных документах, за которые отвечают и которые реализуют различные организации. За рубежом предпринимаются реальные попытки закрыть некоторые существенные пробелы в области исследований безопасности нанотехнологий, как, например, новый крупный проект комплексной оценки рисков, связанных с использованием искусственных наночастиц *ENPRA (Engineered NanoParticle Risk Assessment)*, в рамках которого учёным предстоит, в частности, выявить физико-химические характеристики искусственных наночастиц, ответственные за их токсичность, и разработать методики предсказания потенциальной токсичности наночастиц; исследовать механизмы взаимодействия наночастиц и живых организмов на клеточном и молекулярном уровне⁷.

* * *

Из всего сказанного ясно, что внедрение нанотехнологий в повседневную жизнь человека и человечества порождает непредсказуемую массу проблем, появление и решение которых в значительной степени зависит от разработчиков нанотехнологий и производителей нанопродукции. Причем зависит это не только от их профессиональной подготовленности, но и от ценностных ориентаций, нравственных императивов, общей культуры. Именно этим обусловлен выбор темы, обозначенной в названии данной статьи. Будущие биологи и физики – это в большинстве своем те, кто будет определять основные направления развития нанотехнологической революции в самое ближайшее время.

В 2007 г. на заседании правительства, посвященном развитию нанотехнологий, Михаил Фрадков, бывший тогда премьером, произнес замечательную фразу: «Половина из присутствующих не знает, что такое нанотехнологии, но знает, что без этого жить нельзя». Одной из задач нашего исследования было определение именно

доли «присутствующих», осведомленных в области нанотехнологий, и уровня их осведомленности. Для этого было проведено социологическое обследование студентов первого курса биологического факультета МГУ и Московского инженерно-физического института (МИФИ) с целью изучения их представлений и оценок относительно сути и целей нанотехнологий и возможных последствий их применения, а также сравнения этих представлений у будущих биологов и физиков. Выбор студенческой аудитории был обусловлен тем очевидным фактом, что для разработок и внедрения нанотехнологий, как в любой инновационной области, нужны молодые люди, обладающие прочным и широким запасом знаний, творческим потенциалом, гибкой и активной реакцией на различные инновации. Именно таких специалистов готовит МГУ и МИФИ. Отметим, что все респонденты – первокурсники. Конечно, опрос первокурсников не может дать представление об уровне их профессиональной подготовки: на первом курсе он еще неощутим. Но, во-первых, и без нашего обследования известно, что в МГУ и в МИФИ этот уровень весьма высок, а во-вторых, для нас интерес представляли не только профессионально ориентированные, но и «общемолодежные» представления о нанотехнологиях. Конечно, сразу может возникнуть вопрос, зачем тогда для обследования понадобились именно биологи и физики. Тут заметим, что хотя профессиональная дифференциация у первокурсников действительно еще не может отчетливо проявиться, тем не менее некая внутренняя профориентация у них уже есть. Она может формироваться уже в старших классах средней школы и особенно в период подготовки к поступлению в высшую школу.

Для обследования была разработана анкета, включающая в себя 16 вопросов (14 закрытых и 2 открытых), которые можно распределить по трем направлениям: 1) общие представления студентов о сути нанотехнологий, 2) их осведомленность касательно факторов риска для человека при внедрении последних, 3) их отношение к этим факторам и к самим нанотехнологиям (включая нанопroduкцию). Всего в обследовании приняло участие 204 респондента. На приведенных ниже диаграммах отражено процентное распределение ответов респондентов на закрытые вопросы.

Из диаграммы 1 видно, что и биологи, и физики в целом, по их собственным оценкам, неплохо представляют себе, что такое нанотехнологии. И даже вполне заметная доля расплывчатых

представлений может говорить о более критическом отношении к своим познаниям у студентов, чем у «человека с улицы». Разница между ответами биологов и физиков объясняется скорее не профессиональными различиями, а более прикладным характером образования, получаемого в МИФИ, по сравнению с МГУ. У всех респондентов обнаружена вполне сносная осведомленность относительно квантово-механических свойств вещества в мире наноразмерного масштаба (диагр. 2). Обескураживает, правда, бóльшая осведомленность в этом физическом вопросе у биологов, чем у физиков. Одно из весьма вероятных объяснений мы услышали в самом МИФИ: это последствия нового стандарта приемных экзаменов – единого госэкзамена («Напринимали Бог знает кого»).

Диаграмма. 1. Представляете ли Вы, что такое нанотехнологии?

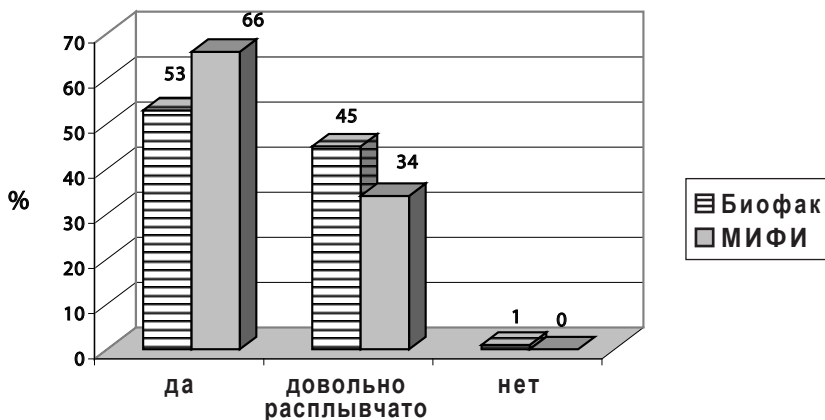
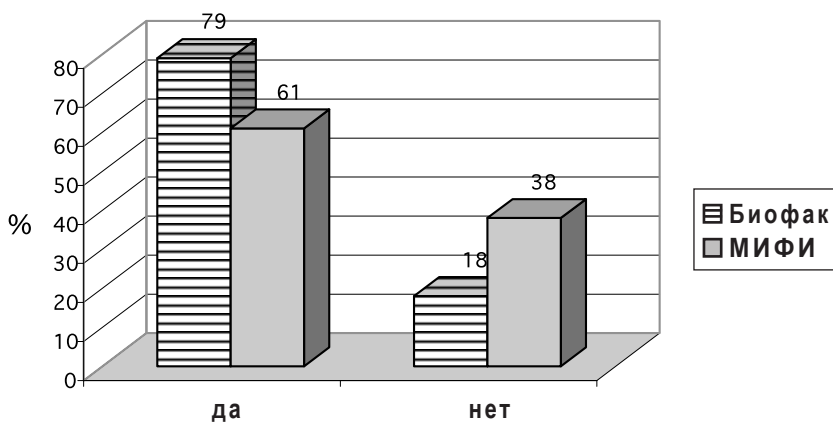


Диаграмма 2. Знаете ли Вы, что в микромире, куда проникли нанотехнологии, проявляются иные – квантовые – законы и свойства вещества, нежели в макромире, в котором живет человек?



Предельно отчетливы ответы всех респондентов относительно воздействия «неприродных» наноструктур на человека и природу (диагр. 3) и возможности действия нанопродуктов на генетический и психический компонент человека (диагр. 4). Они не сомневаются в реальности этого воздействия.

Диаграмма 3. Будут ли на, Ваш взгляд, воздействовать на природу и человека созданные с помощью нанотехнологий молекулярные структуры, ранее не существовавшие в природе?

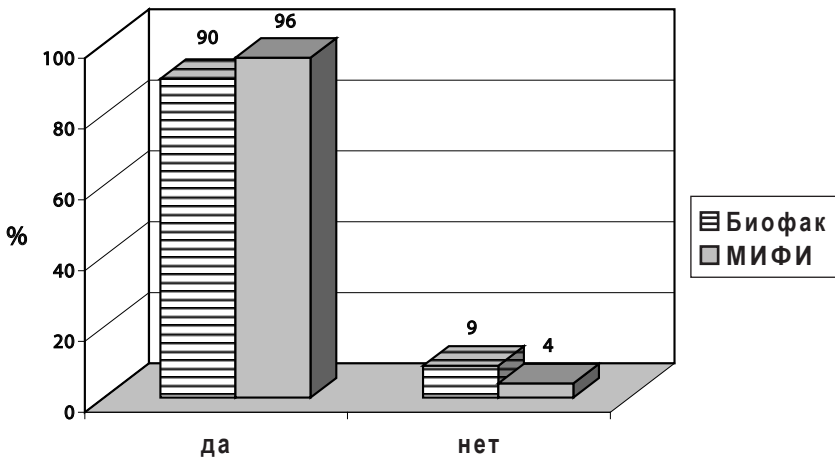
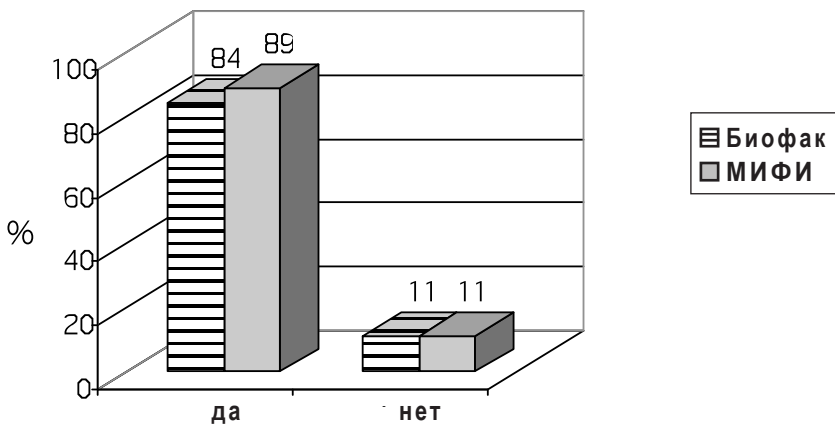


Диаграмма 4. Могут ли, на Ваш взгляд, какие-либо нанотехнологии воздействовать на генетическую и психическую природу человека?



Подводя итог этого блока вопросов, отметим, что опрошенные студенты (и биологи, и физики) имеют вполне удовлетворительные представления о нанотехнологиях и достаточно единодушны в своих ответах.

В следующем блоке вопросов выяснялись оценки студентами уровня возможного воздействия нанопродукции на их здоровье с точки зрения потребителя (диагр. 5) и разработчика (диагр. 6):

Диаграмма 5. Как Вы оцениваете возможное воздействие продукции нанотехнологии на Ваше здоровье с точки зрения ее потребителя?

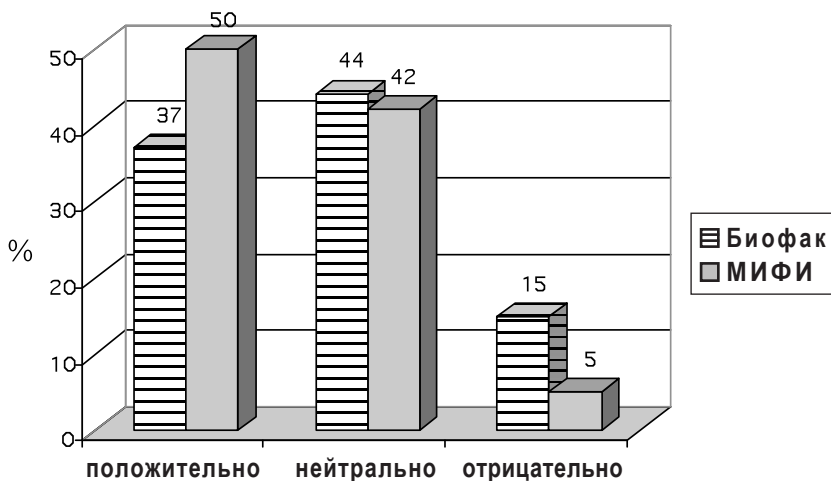
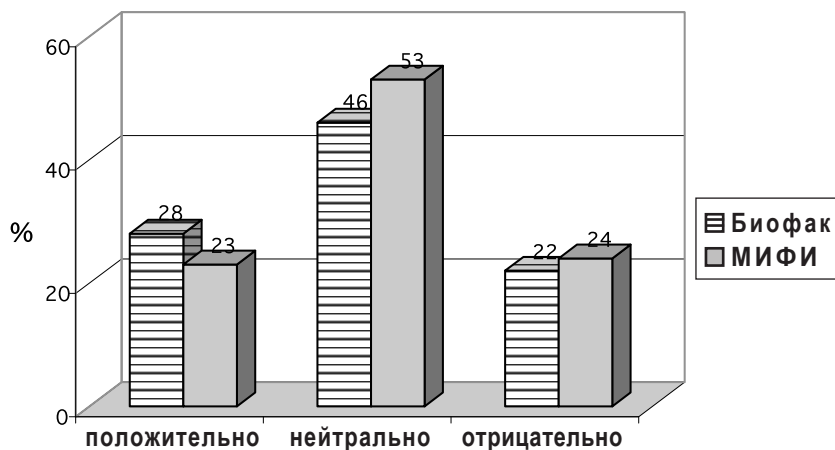


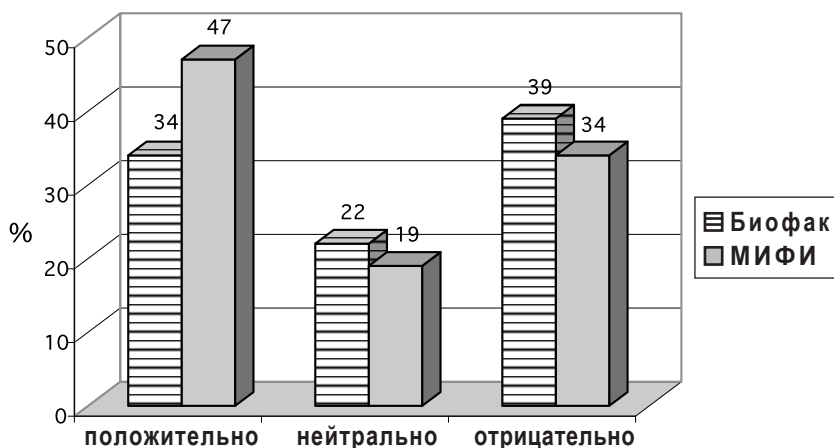
Диаграмма 6. Как Вы оцениваете возможное воздействие продукции нанотехнологии на Ваше здоровье с точки зрения разработчика одной из таких технологий?



На диаграммах видно, что обе группы респондентов вполне твердо осознают, что разработчик нанотехнологии рискует своим здоровьем больше, чем потребитель ее продукции; заметим, что тщательность выбора респондентами ответов на вопросы анкеты обеспечивалась тем, что студенты оценивали возможное воздействие на **свое** здоровье. Здесь, пожалуй, можно отметить трезвость их оценок – действительно, образно говоря, испытатель самолетов рискует больше, чем пассажир авиарейса. Не вызывает удивления и то, что почти половина опрошенных нейтрально оценивает воздействие нанотехнологий на здоровье человека. Скорее всего, такие ответы сформированы естественной беззаботностью молодёжи (ну и хорошо – в молодости надо быть молодым).

Значительно больший разброс мнений проявился в отношении студентов к возможности применения нанотехнологий для биологического конструирования человека (диагр. 7):

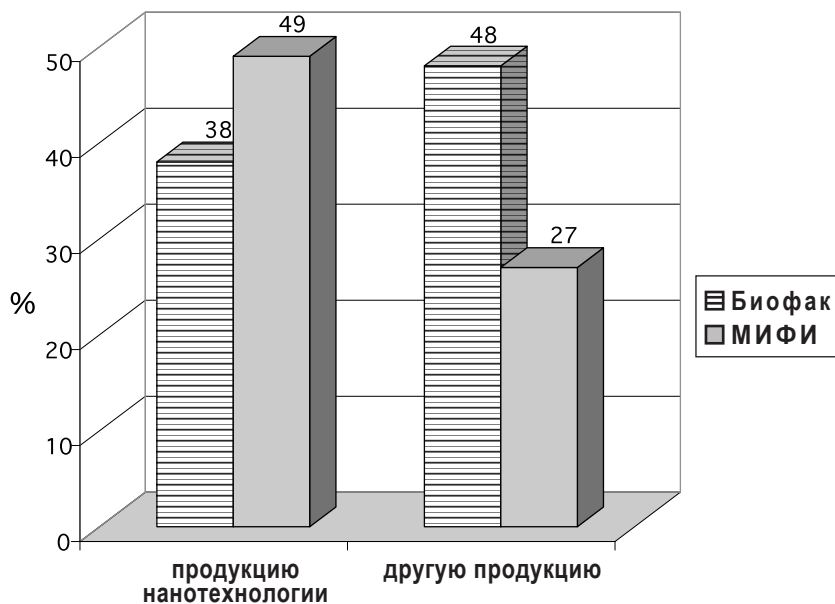
Диаграмма. 7. Сейчас обсуждается возможность применения нанотехнологий для биологического конструирования человека, который обладал бы определенными заранее заданными свойствами или новыми функциями, способностями и характеристиками. Как Вы относитесь к такому конструированию?



Такую разногласию, по-видимому, можно объяснить тем, что само биоконструирование человека (не говоря уж о применении нанотехнологий для этих целей) – тема сравнительно молодая, и социум еще не успел отреагировать на нее. Поэтому и в мировом сообществе отношение к биоконструированию человека тоже достаточно сумбурное.

Резюмируя ответы на этот блок вопросов, можно и здесь отметить, что студенты обеих профессий имеют представления о нанотехнологиях, по крайней мере, они адекватно оценивают возможные последствия внедрения нанопродукции. Но на этот раз проявились заметные отличия в ответах биологов и физиков. Особенно это проявилось в оценках воздействия нанопродукции на здоровье ее потребителя (диагр. 5) и в отношении к наноконструированию человека (диагр. 7). Биологи более критично оценивают эти факторы риска, а физики в этих оценках более беспечны. Существенно большую по сравнению с физиками осторожность проявили биологи и при выборе симметрично предложенных образцов нано- и традиционной продукции (диагр. 8):

Диаграмма 8. Если бы Вам как потребителю предложили использовать для одной и той же цели продукцию нанотехнологии и другую продукцию той же эффективности, что бы Вы выбрали?



Во всех трех приведенных выше примерах биологи проявляют некую тщательность в своем отношении к нанотехнологиям. На наш взгляд, здесь можно предложить два объяснения. Первое: биологи изначально ориентированы на работу с живой материей и поэтому более взвешенно оценивают какое бы то ни было воздействие на нее. И второе: бóльшая этическая компетентность биологов – в их учебной программе есть такая дисциплина, как «биоэтика», в то время как учебные планы физиков ее «физического» аналога не содержат.

Контент-анализ ответов студентов на открытые вопросы анкеты об областях применения нанотехнологий показал, что в представлениях респондентов этот спектр достаточно широк. На первом месте оказались области применения, связанные со здоровьем человека, его сохранением, улучшением и т. п. Это меди-

цина, фармацевтика, косметология и т. п., которые назвали 66 % биологов и 59 % физиков. На втором месте по количеству ответов оказалось промышленное производство, включая технику, в том числе бытовую, новые материалы, вещества и продукты, легкую промышленность и машиностроение. 37 % студентов биофака и 35 % студентов МИФИ связали эти области промышленности с нанотехнологиями. Будущая профессия и специфика образования оказали влияние на формирование представлений студентов о возможностях их применения. Так, их использование в биологии, биотехнологиях, биофизике, биохимии, генной инженерии оказалось на третьем месте у студентов-биологов (30 %), в то время как у студентов-физиков эту позицию занимают информационные, компьютерные технологии, электроника и робототехника (28 %). Студенты-физики также осознают важность использования нанотехнологий в биотехнологических разработках (11 % ответов), а студенты биологи – в электронике и т. п. (21 %). Обе группы респондентов указали на значимость разработки нанотехнологий для развития науки, в том числе физики, химии. 28 % биологов и 12 % физиков отразили это мнение в своих ответах. Было названо также военное применение (в том числе шпионаж), энергетика, космос, улучшение человека и качества его жизни. Довольно большой процент студентов, как биологов, так и физиков (11 % и 16 % соответственно) признают, не конкретизируя области, перспективу довольно широкого применения нанотехнологий. По одному человеку в каждой группе считают, что применения у этих технологий нет. 3–4 % не знают, где бы они могли использоваться.

Анализ ответов студентов на вопрос, *каковы факторы риска при внедрении нанотехнологий*, показал довольно высокий уровень информированности и критического осмысления возможных последствий широкого использования нанотехнологий. В обеих группах респонденты выделили следующие основные типы факторов риска:

- 1) новизна, неосвоенность, неизученность, а следовательно, непредсказуемость, сложность прогноза и контроля воздействий, сбои и побочные эффекты;

- 2) вредные воздействия на здоровье и развитие человека;

- 3) разного рода биологические (в том числе генетические, физиологические и пр.) изменения организма человека;

4) психологические и социальные последствия (личностные, когнитивные изменения, смена ценностей, дискриминация при использовании как для отдельных людей, так и для стран, неготовность общества, безответственность при использовании, преследование корыстных интересов и т. п.);

5) новое оружие;

6) экологические последствия.

Были названы также эксперименты и испытания на людях, создание полностью совершенного человека, власть машин, тотальный контроль за всеми, гонка технологий. 11% обследованных в обеих группах считают, что никакими негативными последствиями внедрение нанотехнологий не грозит. Биологи часто добавляют: при гуманном, разумном подходе. Сравнительный анализ показал, что для студентов-биологов на первом месте стоят факторы неосвоенности, т. е. непредсказуемости последствий (28 % ответов), а для студентов-физиков это биологические изменения организма (17 %), вредные воздействия на здоровье (17 %) и неосвоенность (16 %). Психологические и социальные факторы риска более значимы для биологов (20 %) и в меньшей степени для физиков (11 %). Десятая часть обследованных в обеих группах, не конкретизируя, признает высокий уровень факторов риска, вред человеку, разные негативные воздействия, опасность изменений. Около 4 % студентов не имеет представлений о факторах риска нанотехнологий. Осознавая разного рода негативные последствия, 30 % биологов и 38 % физиков тем не менее готовы использовать нанотехнологии для любой цели, в особенности для укрепления здоровья (34 % и 41 % соответственно) и серьезного лечения (45 % и 35 %).

* * *

Подведем некоторые итоги.

Студенты показали вполне удовлетворительную степень информированности о физических и биологических основах нанотехнологий, сферах их практического применения, возможности воздействия «рукотворной» нанопродукции на здоровье ее создателей и потребителей.

Обследованные студенты, как биологи, так и физики, имеют адекватные представления об областях применения нанотехнологий, которые в большой мере соответствуют тем областям, которые рассматриваются в современной научной литературе по этой проблеме. Студенты выделяют медицину, фармацевтику, промышленное производство, создание новых материалов, биотехнологии, электронику, информационные технологии и т. п. Они также указали на значимость нанотехнологий для развития науки.

В своих ответах студенты показали высокий уровень осознания и критического осмысления последствий широкого использования нанотехнологий. Они выделяют такие группы факторов риска, как неизученность, а следовательно, сложность прогнозов и контроля; вредные воздействия на здоровье человека и окружающую среду; разного рода биологические изменения организма; психологические и социальные последствия; разработка нового оружия.

Биологи более взвешенно, чем физики, оценивают воздействие продукции нанотехнологий на человека. По нашему мнению, это обусловлено двумя обстоятельствами. Первое – студенты-биологи в силу особенностей своей будущей профессии изначально ориентированы на работу с живой материей, и второе – в их учебной программе, в отличие от физиков, есть такая дисциплина, как биэтика, что способствует развитию этической компетентности.

Примечания

- ¹ Курьезный пример: в 1910 г. было очередное сближение кометы Галлея с Землей. Вероятность столкновения кометы с Землей практически равна нулю, но по многим странам в мае 1910 г. прокатилась волна страха, раскрученная прессой и усиленная слухами об отравлении земной атмосферы опасными для здоровья людей ядовитыми кометными газами. В результате на фоне этой шумихи один американский предприниматель организовал широкую продажу «пилюль от кометы Галлея» – лекарства, которые якобы снимало нежелательные последствия воздействия кометы на человеческий организм. Пилюли пользовались бешеной популярностью. («Вокруг света», авг. 1990 г.)
- ² Обоснование классификации отраслей наук в области нанотехнологий. orpano.ru/file/obosn%20klassif%20onrasleq%20nauk.doc
- ³ Соколов А.В., Шашнов С.А., Карасев О.И., Рудь В.А. Долгосрочный прогноз развития российской nanoиндустрии с использованием метода Дельфи. http://nanorf.ru/science.aspx?cat_id=718&d_no=1600&print=1&back_url=%2Fscience.aspx%3Fcat_id%3D718%26d_no%3D1600

- ⁴ *Яковлев А.Р.* Плюсы и минусы нанотехнологичных товаров.www.volsu.ru/s_conf/10/cdoc50.doc
- ⁵ EMERGNANO: A review of completed and near completed environment, health and safety research on nanomaterials and nanotechnology, http://www.safenano.org/Uploads/EMERGNANO_CB0409_Full.pdf
- ⁶ Нанобиотехнологии за рубежом: взгляд экспертов, http://nanorf.ru/science.aspx?cat_id=718&d_no=771
- ⁷ *Данилов А.* Дуализм наночастиц.<http://www.nanonewsnet.ru/articles/2009/dualizm-nanochastits>