

со стадией опухолевой патологии ( $r = 0,48$ ;  $p < 0,013$ ;  $n = 26$ ).

В настоящее время продолжают поиски специфичных онкомаркеров для ранней диагностики и прогностики опухолевой патологии, в том числе пищеварительного тракта. В нашей работе были изучены уровни маркеров карцином CA19-9 и CA242. Согласно полученным нами данным, только у 6 из 42 больных раком (14%) отмечалось превышение рекомендуемых уровней онкомаркеров, максимально достигавшее 394 ЕД/мл. Исследованные показатели не несли прогностического значения, поскольку их значения не коррелировали со стадией заболевания и клинической группой пациентов.

С другой стороны, статистически значимыми критериями перехода больных из 3-й (подлежащие противоопухолевой терапии) в 4-ю клиническую группу оказались следующие неспецифические показатели: общее количество лейкоцитов в периферической кро-

ви (коэффициент корреляции  $r = 0,28$ ;  $p < 0,039$ ;  $n = 54$ ); скорость оседания эритроцитов ( $r = 0,32$ ;  $p < 0,025$ ;  $n = 49$ ); общее содержание белка в крови ( $r = 0,33$ ;  $p < 0,016$ ;  $n = 54$ ); концентрация селена в волосах ( $r = -0,48$ ;  $p < 0,002$ ;  $n = 38$ ); соотношение уровня  $\text{Cr}^{6+}$  в волосах к его содержанию в опухолевой ткани ( $r = 0,54$ ;  $p < 0,011$ ;  $n = 21$ ).

Таким образом, по сравнению с известными лабораторными индексами, CD95 и микроэлементы несут наибольшую прогностическую нагрузку в динамике прогрессирования злокачественных неоплазий ЖКТ. Известна отрицательная корреляция между концентрацией селена в сыворотке крови и величиной смертности от различных форм онкологических заболеваний [9].

В литературе дискутируется вопрос, является ли пониженное содержание селена (и других микроэлементов) в сыворотке крови фактором, способствующим канцерогенезу, или результатом развития опухоли [1]. На наш

взгляд, начиная со здоровых людей (табл.2), имеет место "порочный круг", предупредить который (или затормозить развитие опухолевой патологии) возможно с помощью своевременной неинвазивной диагностики, применения профилактических и лечебных доз микронутриентов. По крайней мере, низкое содержание селена в селенодефицитных регионах США снижало смертность от рака на 50%, частоту возникновения рака предстательной железы, прямой и ободочной кишки, а также легких – на 63, 58 и 46% соответственно [22].

*Исследования частично финансировались из средств проекта № 5228 программы "СТАРТ" Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и инновационного гранта администрации Томской области (государственный контракт № 90, 2006-2007 гг).*

(С библиографией можно ознакомиться в редакции журнала).

## АКТУАЛЬНАЯ ТЕМА

И.А. Шамов

## НАНОТЕХНОЛОГИИ, БИОЭТИКА И БИМЕДИЦИНСКАЯ ЭТИКА

*Нано* – приставка, означающая  $10$  в минус девятой степени ( $10^{-9}$ ) или одну миллиардную долю метра (для образности – человеческий волос имеет примерно 20 000 наномикрон (нмк) в диаметре). Молекулы, вирусы и атомы – объекты, размеры которых колеблются от менее чем 1 нмк (атомы) до, примерно, 100 мкмк (большие молекулы, подобные ДНК).

Таким образом, нанотехнологии – это технологии, оперирующие величинами, сопоставимыми с размерами атомов. Переход от широко освоенных ныне «микротехнологий» к «нанотехнологиям» – это качественный скачок, скачок от манипуляции веществом к манипуляции отдельными молекулами и атомами. Для образности – при изготовлении электронных схем с активными элементами их размеры сравнимы с размерами отдельных молекул и атомов; наномашин (меха-

низмы, роботы) также будут размером с молекулу.

Теоретическое начало эры наноструктур, по-видимому, следует отсчитывать с 1959 г., когда нобелевский лауреат, физик Ричард Фейнман выступил с идеями о возможных путях развития физики, о миниатюризации, компьютерах, информационных технологиях, субмикроскопических исследованиях и использовании атомов. Тогда он заявлял, что, научившись манипулировать отдельными атомами, человечество сможет получать синтетически любые вещи.

Термин «нанотехнологии» был введен 14 лет спустя японским физиком Норио Танигучи для обозначения рукотворных изделий из атомов и молекул. Основы практической реализации теоретических идей заложили физики Герд Бининг и Генрих Рорер, которые в 1981 г. создали сканирующий туннельный микроскоп, позволяющий не только видеть, но и манипулировать атомами. В этом микроскопе острая игла, на которую подано небольшое напряжение, перемещается над поверхностью микроскопируемого объекта на расстоянии примерно в

1 нмк. В этом случае с ее острия на поверхность материала перемещается электрон, и возникает небольшой ток. Если изменить расстояние между поверхностью исследуемого объекта и иглой на величину, меньшую, чем атом, то ток возрастает на порядок. Таким образом можно на поверхности различить отдельные атомы. Более того, прикладывая то или иное напряжение, можно эти атомы перемещать в нужное исследователю место и собирать из них любое вещество с известным атомным строением.

Всемирным популяризатором нанотехнологий стал Эрик Дрекслер, книга которого «Машины создания. Грядущая эра нанотехнологий» (1986 г.). В книге утверждалось, что существующих сегодня технологий уже достаточно, чтобы произвести сборку из нескольких молекул ассемблеров (конструкторов, сборщиков) – машин молекулярных размеров, способных к саморепликации (самовоспроизведению, саморазмножению) и конструированию других устройств, с заранее заданной структурой и функцией. Работать ассемблеры будут с помощью наноконピューтера, который обеспечива-

**ШАМОВ Ибрагим Ахмедханович** – д.м.н., проф., засл. деятель науки РФ и Республики Дагестан, зав. кафедрой Дагестанской государственной медицинской академии, председатель Этического комитета академии, эксперт ЮНЕСКО по биоэтике.

ет работу всех его систем – позиционных механизмов, манипуляторов, систем подачи и преобразования энергии, систем связи и т.д. Такие ассемблеры зачастую представлены несколькими большими молекулами. Подобные наномеханизмы в свою очередь смогут изготовить себе подобные и еще более сложные устройства и т.д.

По Дрекслеру выходило, что, если наномашинки могут воспроизводить себе подобных, то они могут в один прекрасный день выйти из-под контроля и пойти по собственному пути, который не предусмотрен их создателем. Например, они могут создать наномеханизмы, основным назначением которых будет переработка органических веществ. И тогда в мире может начаться тот кошмар, о котором пророчески написали в своем научно-фантастическом романе «Мутант №59» К. Педлер и Дж. Дэвис. «Мутировавшие» наномашинки будут перерабатывать все органические вещества, которые попадутся на их пути, – начав с канализационных отходов, перейдя в реки и моря, а оттуда – бр-р-р... на людей – и в два счета превратят мир, как это называл Дрекслер, в «серую липкую грязь».

Последнее обстоятельство настолько шокировало мир, что потом Дрекслеру 20 лет пришлось доказывать, что это не может произойти.

Действительно, предсказания Дрекслера, возможно, из области фантастики или проблем нанотехнологий не XXI столетия. Но вот некоторые другие, не самые фантастические перспективы возможного их внедрения.

#### **Промышленность**

Замена традиционных методов производства сборкой молекулярными роботами предметов потребления непосредственно из атомов и молекул. Вплоть до персональных синтезаторов и копирующих устройств, позволяющих изготовить любой предмет. Фантастика? Несомненно. Но ведь уже сегодня туннельный микроскоп позволяет ученым не только видеть, но и манипулировать атомами, производить из атомов различные сборки. А что такое любое вещество, как не особым образом собранные атомы? Поэтому не сегодня, так завтра это может быть осуществлено. Ученые предполагают, что первые практические результаты могут быть получены в начале XXI века.

#### **Сельское хозяйство**

Вышеуказанный принцип может быть перенесен и на сельскохозяйственное производство. Речь идет о

замене «естественных машин» для производства пищи (растений и животных) их искусственными аналогами – комплексами из молекулярных роботов. Они будут воспроизводить те же химические процессы, что происходят в живом организме, однако более коротким и эффективным путем. Например, из цепочки «почва – углекислый газ – фотосинтез – трава – корова – молоко» будут удалены все лишние звенья. Останется «почва – углекислый газ – молоко (творог, масло, мясо – все, что угодно)». Такое «сельское хозяйство» не будет зависеть от погодных условий и не будет нуждаться в тяжелом физическом труде. А производительности его хватит, чтобы избавить человечество от голода раз и навсегда. Есть мнение, что первые такие комплексы могут быть созданы уже к концу XXI века.

#### **Биология**

Станет возможным «внедрение» в живой организм на уровне атомов. Последствия могут быть самыми различными – от «восстановления» вымерших видов до создания новых типов живых существ, биороботов. Прогнозируемый срок реализации: середина XXI века.

#### **Экология**

В данной области открываются особые заманчивые перспективы – полное устранение вредного влияния деятельности человека на окружающую среду. Это произойдет как за счет насыщения экосферы молекулярными роботами-санитарами, превращающими отходы деятельности человека в исходное сырье, так и за счет перевода промышленности и сельского хозяйства на вышеуказанные безотходные нанотехнологические методы. Прогнозируемый срок реализации: середина XXI века.

#### **Освоение космоса**

В принципе возможно создание роботов-молекул с любыми заданными свойствами, которые смогут работать в самом безвоздушном пространстве. Направив армию разносторонне функционирующих нанороботов, скажем, на Марс, человек сможет коренным образом изменить климатические условия этой планеты. Наличие огромных запасов подпочвенных вод, углекислоты и т.д. позволит достаточно быстро изменить атмосферу этой планеты в сторону пригодности для открытого проживания на ней человека. То же самое можно сказать и в отношении Луны, целого ряда астероидов, крупных спутников ряда планет и т.д.

#### **Кибернетика**

Кибернетику ждет настоящая революция. Размеры активных элементов компьютеров и прочих кибернетических устройств уменьшатся до размеров молекул. Рабочие частоты компьютеров достигнут терагерцовых ( $10^{12}$ ) величин. Уже сегодня имеются возможности схемных решений на нейроноподобных элементах. Сборка элементов будет произведена на сапфировой основе из нанотрубных материалов (см. ниже), вследствие чего они будут иметь неисчерпаемую неизнашиваемость, высочайшую точность и быстродействие. Появится долговременная быстродействующая память на белковых молекулах, емкость которой также будет измеряться терабайтами. Станет возможным «переселение» человеческого интеллекта в компьютер. Прогнозируемый срок реализации: первая – вторая четверть XXI века.

#### **Разумная среда обитания**

За счет внедрения логических наноэлементов во все атрибуты окружающей среды она станет «разумной» и исключительно комфортной для человека. Например, ассемблеры могут быть использованы для восстановления озонового слоя планеты. Достаточно выпустить строго определенное количество наномашин в околосреднее пространство, и они сами в автоматическом режиме, без вмешательства человека, восстановят озоновый слой до заданной величины.

Прогнозируемый срок реализации: после XXI века.

И так далее – список использования технологий в мирной жизни может оказаться бесконечным.

Возможности же нанотехнологий военного направления просто устрашающие. Еще в 1991 г. С.Лийима (Япония) разработал так называемые нанотубы – материалы из однослойных молекулярных соединений, которые в тысячи раз прочнее, чем любой известный до сих пор материал при очень малой массе. Солдат, герметично одетый в такой бронежилет (а это вполне реально) будет практически неуязвим, разве что его можно устранить механически. Но ведь можно сделать танк с такой броней. Танк этот будет вездеходен, вес его будет минимальным, маневренность – непредставимой и он практически будет неуловим и неуязвим. Могут быть созданы невидимые и неслышимые нанопули, самонаводящиеся на цель, которые могут поражать противника на любом расстоянии и за любыми оборонитель-

ными сооружениями. Вполне реально создание самолетов-роботов небольших размеров, которые недоступны никаким современным локаторам и которые могут летать над любыми военными объектами и целями и выполнять задачи от шпионского сбора сведений до уничтожения этих самых военных объектов. На современную атомную электростанцию могут прилететь несколько наноракет взрывного назначения. Первая ракета пробивает микроскопическое отверстие в стенке реактора, вторая углубляет ее и, наконец, энная из них дойдет до реактора и спокойно взорвет его... Последствия предоставить нетрудно.

Однако все танки, пехота, ракеты и прочая военная техника могут оказаться совершенно ненужными. Дело в том, что вполне реально разработка оружия, которое называют «наномуха». Это летающее существо наноразмеров. Его трудно увидеть, но оно может летать на любые расстояния и, в соответствии с настройкой, впрыскивать смертельный яд любому человеку. Таких «наномух» в одном ничем не примечательном чемодане может уместиться 50 миллиардов. И этого достаточно, чтобы убить все население земли!

При этом у такого оружия есть одно качество, которое его делает в макро-разы опаснее атомного. Заключается оно в том, что для производства, хранения и доставки по месту назначения атомного оружия нужны очень громоздкие заводы, технологии, ракеты и прочее, которые в чемодане не спрячешь. Поэтому мировое сообщество пока худо-бедно контролирует работы по ядерному оружию и не дает ему расползаться по планете и предотвращать попадание его в чьи-то безумные руки. Нанооружие лишено всех этих видимых технических моментов, его производство невозможно ни обнаружить, ни контролировать, оно может быть налажено любым богачем с нарушенной психикой, которых на земле огромное множество. И результаты этого могут быть самые непредсказуемые.

К счастью, пока (но только пока!) не все так пессимистично.

Дрекслер основал Институт Предвидения для изучения потенциальных, научных и социальных воздействий нанотехнологий и считал, что наноразработки могут прийти до производства в ближайшие 10 лет. Фейнман также считал путь от теоретических выкладок до производства достаточно легким и близким. Однако, к сча-

стью, в жизни все получилось несколько иначе. За прошедшие 46 лет со дня лекции Фейнмана и 20 лет после выхода книги Дрекслера полностью не осуществилась ни одна их идея. Не зря другой видный ученый, занимающийся разработкой нанотехнологий, Р. Ричард обвинил Дрекслера в том, что тот придумал страшилки для детей, опираясь на далекое будущее.

Таким образом, можно было бы думать, что возможности и угрозы молекулярных производств являются чрезвычайно далекими, а не проблемами ближайшего времени. Но... не все так просто.

К проблеме уже сегодня следует относиться весьма серьезно. Дело в том, что за прошедшие около полвека эры нанотехнологий было разработано существенное число реальных крупных научных и технических проектов, преобразовавших микротехнологии в нанотехнологии. Вот примеры:

Уже давно получены первые результаты по перемещению единичных атомов и сборки из них определенных конструкций, разработаны и изготовлены первые наноэлектронные элементы.

Нанотехнологический контроль изделий и материалов, буквально на уровне атомов, в некоторых областях промышленности стал обыденным делом. Реальный пример – DVD-диски, производство которых было бы невозможно без нанотехнологического контроля матриц.

Во многих странах мира развернуты научные изыскания по разработке нанотехнологических методов, позволяющих создавать активные элементы (транзисторы, диоды) размером с молекулу и формировать из них многослойные трехмерные схемы. По-видимому, именно микроэлектроника будет первой отраслью, где «атомная сборка» будет осуществлена в промышленных масштабах.

Разработанные в последние годы наноэлектронные элементы по своей миниатюрности, быстродействию и потребляемой мощности составляют серьезную конкуренцию традиционным полупроводниковым транзисторам и интегральным микросхемам на их основе как главным элементам информационных систем.

При переходе к наномасштабам на первый план выходят квантовые свойства рассматриваемых объектов. Уже сегодня техника вплотную приблизилась к теоретической возможности запоминать и передавать 1 бит информации с помощью одного элек-

трона, локализация которого в пространстве может быть задана одним атомом. Это позволяет уменьшить размеры одного транзистора приблизительно до 10 нм, а рабочие частоты увеличить до порядка  $10^{12}$  Гц.

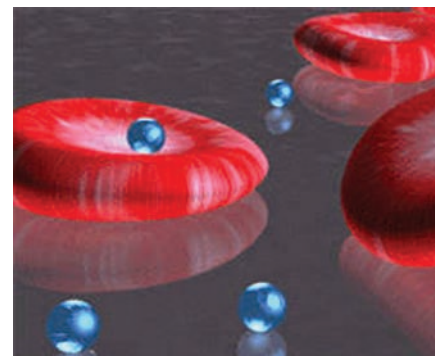
Уже сегодня в числе машин, имеющих отношение к электронике и информатике, – высокоэкономичный квантовый лазер, диоды, излучающие свет, ячейки солнечных батарей и одноэлектронные транзисторы.

Оставя в стороне сложные теоретические вопросы квантовой физики, можно сказать, что имеющиеся технологии взаимодействия металл-диэлектрик позволяют путем так называемого туннелирования осуществлять перенос заряда в структуре порциями, равными заряду одного электрона. Уже появились элементы на резонансном туннелировании. Об их размерах можно судить по следующему примеру. Если представить один бит информации как наличие или отсутствие одного электрона, то схема памяти емкостью 100 Гб разместится на кристалле площадью всего 6 см<sup>2</sup>. Для сравнения – память самых высокочастотных современных компьютеров равняется примерно 500 Гб. Следовательно, память всего такого компьютера можно будет разместить на матрице размером 30 см<sup>2</sup>.

Еще в 1993 г. было разработано новое семейство цифровых переключателей приборов на атомных и молекулярных шнурах. Размеры структур логических элементов здесь порядка ~ 10 нм, а рабочая частота ~  $10^{12}$  Гц.

#### Медицина

Говоря о перспективах использования нанотехнологий, мы специально не затронули проблему медицины и нанотехнологий. А как раз именно в области медицины предложены и делаются попытки внедрения в жизнь



Искусственные клетки крови нанометрических размеров «респираторы» и эритроциты в сравнении (все рисунки из статьи Ю.Свидеденко «Нанотехнологии-наномедицина-бессмертие» взяты из Интернета)



Механический фагоцит – составляющая искусственной иммунной системы человека

одних из самых фантастических проектов нанотехнологий.

Создание молекулярных роботов-врачей, которые «жили» бы внутри человеческого организма, устраняя все возникающие повреждения, или предотвращая возникновение таковых, включая генетические. Вот несколько примеров.

**Респирицит – это робот, искусственный эритроцит** диаметром в 1 нм из атомов углерода, собранных атом

за атомом на кристаллической решетке алмаза или сапфира, что придает ему высокую прочность. Столь малый размер обеспечивает респирициту доступ во все ткани и капилляры.

В респириците имеются «баки» для хранения  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  и глюкозы. Он сферической формы, что позволит давлению газов равномерно распределяться по его поверхности. Из-за алмазной или сапфировой основы поверхность респирицита отличается высокой прочностью, что позволит повысить давление газов в «баках» до 1000 атмосфер.

Основная функция респирицитов – накопление в себе и отдача в кровяную плазму и нуждающиеся в нем ткани молекул газов.

Из вышесказанного легко можно понять ареал высокой потребности респирицитов в медицине. Прежде всего они могут стать универсальными донорами в любой ситуации плановой или срочной переливания крови. Из вышесказанного легко можно понять ареал высокой потребности респирицитов в медицине. Прежде всего они могут стать универсальными донорами в любой ситуации плановой или срочной переливания крови.

фузии. Это и кровопотеря в операциях, при травмах, геморрагических синдромах и т.д., и тяжелые анемии и лейкозы, и акушерская патология, и многое другое. Респирициты могут использоваться при разных видах анемии, заболеваний легких, генетических отклонений (например, серповидноклеточная анемия).

Нетрудно представить себе также преимущества, которые дадут респирициты при замене компонентов крови. Человечество раз и навсегда будет избавлено от опасности гемотрансфузионных инфекций – ВИЧ, вирусов гепатита, малярийных паразитов и т.д. и посттрансфузионных реакций. Возможно избавление от малокровия, связанного с наследственными заболеваниями крови. Особенно такие нанороботы по-

могут при трансплантации в качестве носителя кислорода. Роботы способны обеспечить дыхание новорожденных младенцев при маточной асфиксии, травмах и других заболеваниях.

#### Другие медико-биологические нано механизмы

Механический фагоцит – составляющая часть искусственной механизированной крови. Небольшая концентрация этих устройств способна полностью уничтожать бактерии, вирусы и микроразмеры размером не более 2 мкм, что позволит быстро очистить кровь животного или человека от заражения. Отдельно могут составлять искусственный иммунитет, что позволит увеличить сопротивляемость организма болезням.

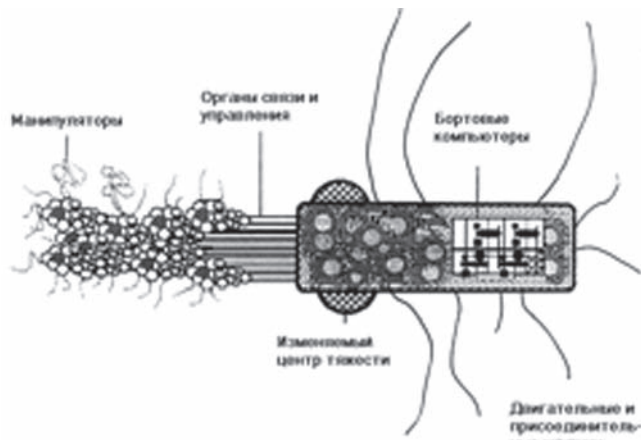
ДНК анализатор – способен на нуклеотидном уровне анализировать эту структуру, вырезать поврежденные участки и заменять их на работоспособные нуклеотиды. Позволяет корректировать и устранять различные дефекты ДНК, ликвидировать генетические болезни и в будущем изменять конфигурацию ДНК по желанию пациента.

Искусственная ремонтная клетка – способна на клеточном уровне устранять «неисправности» клеток, в том числе их восстановление после крионирования. Имеет 1000 биоманипуляторов, управляемых с помощью наноконピューтера. В перспективе развития – один из важнейших инструментов наномедицины.

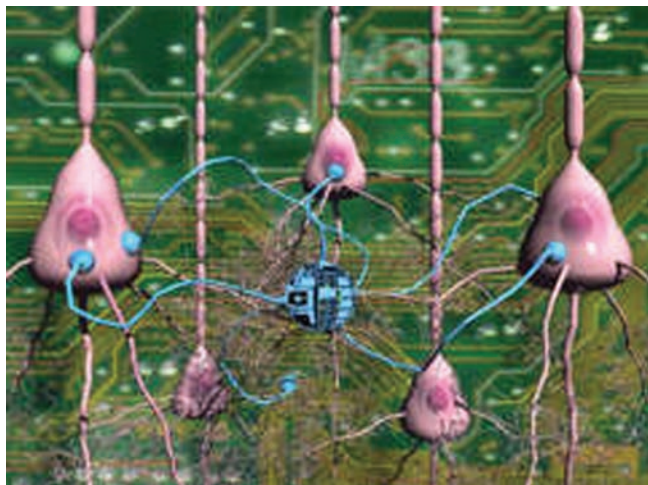
Прогнозируется возможность появления в ближайшие десятилетия атравматичных медицинских диагностических устройств и сверхъемких устройств для хранения информации.

Одно из наиболее грандиозных медико-биологических нанороботов не ближайшего будущего, – васкулоид – нанотехнологическое устройство, полностью заменяющее кровеносную систему и васкулярное дерево человека. Устройство крайне сложное, которое будет состоять из ~500 триллионов независимых нанороботов, согласовывающих все свои действия.

Эта наномашинка использует целый ряд искусственных клеток для транспорта жизненно важных нутриентов и биологических клеток к тканям, сохраняя их в «танкерах» (для молекул) или в «грузовиках» (для клеток). Энергия, как и для большинства медицинских нанороботов, доставляется от естественных источников глюкозы и кислорода, которые широко доступны в человеческом теле.



Клеточный реконструктор нанометрических размеров



Механические наноконпьютеры, имплантированные в мозг человека, смогут намного увеличить скорость мыслительных процессов

Прогнозируется, что все эти и многие другие подобные наномеханизмы медицинского предназначения могут быть реализованы уже в первой половине XXI столетия.

Более того, много говорится о достижении личного бессмертия людей за счет внедрения в организм молекулярных роботов, предотвращающих старение клеток, а также перестройки и «облагораживания» тканей человеческого организма. Seriously обсуждается оживление и излечение тех безнадежно больных людей, которые были заморожены в настоящее время методами крионики. Прогнозируемый срок реализации: третья – четвертая четверти XXI века.

Это, казалось бы, также далекие от нас достижения нанотехнологий. Однако хотя мы это замечаем не всегда, уже сегодня на страницах периодической печати, а также в журналах мелькают сообщения о внедрении в практику медицины различных нанотехнологий.

#### **НАНОТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ БИОЭТИКИ**

Разумеется, что многие проблемные и прогнозируемые нанотехнологические машины, ассемблеры, компьютеры и прочие – не более чем плод слишком буйной фантазии Фейнмана и Дрекслера. И эти фантазии не являются поводом для беспокойства.

Тем не менее эти технологии не могут быть сброшены со счетов, от них нельзя просто так отмахнуться. Дело в том, что наука нанотехнология ставит ряд этических, юридических и политических проблем, с которыми может столкнуться международное сообщество в ближайшем будущем.

Развитие науки и техники значительно изменяет человеческое существование. Технология делает жизнь более безопасной и менее обременительной. Медицинская наука неизмеримо улучшила здоровье людей. Медицинские технологии, особенно последних десятилетий, внесли существенный вклад в совершенствование общественного здоровья. Информационные технологии обеспечили фантастические возможности коммуникации человека. Экологическая наука развила наиболее безопасные пути производства и потребления. Нанотехнологии пересекаются со всеми этими областями. В целом они ведут к появлению множества этических проблем и вопросов.

Например, особенно в конце XX и начале XXI вв., создавалась такая ситу-

ация, когда развитые индустриально страны запускают производство разных макро- и микротехнологий в менее развитых странах. При этом широко эксплуатируются материальные и людские ресурсы последних стран, однако результаты и изделия потребляются развитыми странами, а не странами-производителями. Вместо страны получается такая суррогатная мать, при помощи экономических рычагов понуждаемая к выдаче чужому дяде своего продукта. Это и есть одна из больших этических проблем нанотехнологий. Дело осложняется еще и тем, что и этические вопросы этих проблем разрабатываются под стандарты развитых стран, тогда как такие положения неприемлемы для слаборазвитых стран. Даже одно это показывает необходимость координированных международных действий в области этики технологий и нанотехнологий, в том числе и в области биомедицинской этики.

Еще в 1993 г. государства-члены ЮНЕСКО создали Международный комитет этики биологических исследований (IBC). В комитет входят 36 экспертов из многих стран мира, специалистов по самым различным научным дисциплинам. Комитет пытается выработать рекомендации относительно трудных биоэтических проблем. С 1998 г. в ЮНЕСКО работает также COMEST – Комиссия по этике научного знания и технологии, состоящая из 18 экспертов. Она работает в области прикладной этики, например этики науки, экологической этики и этики технологий. На основе этического мандата ЮНЕСКО COMEST анализирует этику информационных технологий, использования гидрологических технологий, энергии и космических технологий и др.

IBC также имеет подобные функции, но она больше сосредоточена на этике биологических исследований, этических и юридических проблемах, возникающих при исследованиях в науке о жизни и их внедрении в практику.

В вопросах нанотехнологий в обязанности комитетов ЮНЕСКО прежде всего входит задача ознакомления гражданских обществ стран с этическими проблемами, связанными с внедрением в практику таких технологий. Для достижения этой цели эксперты идентифицируют и анализируют проблемы новых технологий так, чтобы они были понятны и широкой публике и специализированным группам и лицам, принимающим решения наверху. IBC и COMEST предназначены для

того, чтобы непрерывно контролировать возможные выгоды и вред новых научных достижений, в том числе нанотехнологий, чтобы предотвратить беспокойство и моральные осуждения со стороны общества.

В связи с этим обязанность ученых как граждан должна состоять в том, чтобы критически анализировать и определять нереалистичные или опасные результаты, а не просто описывать все в розовых тонах.

ЮНЕСКО считает, что даже если нации не активно проводят исследование по нанотехнологиям, они, тем не менее, должны знать фактический курс исследования согласно нормам акции, правосудия и справедливости и иметь долю в использовании полученных результатов. Граждане каждой нации должны иметь право в понимании того, что такое нанотехнологии и к чему они могут вести. Если со стороны международной общественности не будет необходимого и эффективного контроля, нанотехнологии могут быть использованы корпорациями и нациями по своему усмотрению и в своих собственных интересах.

Можно видеть, что нанотехнологии поставят перед миром множество этических проблем вовсе не наноразмеров.

#### **НАНОТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ БИМЕДИЦИНСКОЙ ЭТИКИ**

Нанотехнологии могут создать массу проблем и плана биомедицинской этики. Например: вопрос оживления крионизированных ныне людей. В настоящее время в печати открыто заявляется, что в ожидании успехов нанотехнологий следует наращивать темпы крионизации безнадежно больных людей. Такие заявления и действия несут в себе множество этических проблем.

1. На самом деле, при самом высоком развитии нанотехнологий шанс на оживление таких людей является практически нулевым. Научные исследования свидетельствуют, что при замораживании теплокровного объекта больше сперматозоида происходит полный разрыв всех клеток вследствие перехода клеточной воды в лед. Отсюда ясно, что никакие наноремонтные клетки не смогут «собрать» заново фактический труп человека, восстановить все клетки, восстановить прерванные межклеточные взаимосвязи, нарушенные функции и т.д.

2. В этих условиях рекомендации развивать сегодня креонику нарушают

множество принципов биомедицинской этики – принцип «не навреди», «делай добро»; происходит осознанное поощрение эйтаназии и ятротаназии, путем обмана нарушается право человека на достойную смерть.

Множество проблем биомедицинской этики просматривается и в других нанотехнологиях, которые могут быть внедрены в медицину в ближайшие десятилетия. Так, сразу возникнет проблема всеобщей их доступности и соблюдения принципа справедливого распределения ресурсов в медицине. Едва ли есть сомнение, что при нынешнем состоянии нравов российского общества нанотехнологии будут распределяться избирательно, в соответствии со служебной или денежной иерархией.

Возникнет также проблема регионального эгоизма – технологии окажутся доступными в основном в тех регионах, где они будут разрабатываться или закупаться.

Жестко могут встать также проблемы работы этических комитетов. Ныне в России в подавляющем большинстве лечебных учреждений не созданы этические комитеты. Они имеются также не во всех научно-исследовательских учреждениях страны. Более того, их юридический статус в нашей стране так и остался неясным. И, следова-

тельно, можно ожидать бесконтрольного и аморального распространения и применения различных нанотехнологий, как это сегодня имеет место со стволовыми клетками.

Этической проблемой станет также добровольность информированного согласия пациента на применение нанотехнологий. Для доказательства безопасности и эффективности действия того же респироцита нужны будут многолетние экспериментальные исследования доказательного типа. Будут ли они проводиться в современной России? Во внедрении технологий будут вовлекаться очень большие деньги. А как известно, нет преступления, на которое не пойдет капиталист, если дело пахнет прибылью более чем 30%. А в нанотехнологиях прибыли могут быть многократно по 30%. Будет ли в таких условиях информированное согласие пациента добровольным или оно будет связано с его обманом заинтересованными лицами, в том числе и врачами. В этой ситуации просматривается также проблема коммерциализации нанотехнологий, что также противоречит положениям ВОЗ и ЮНЕСКО, Конвенции Совета Европы и другим этическим документам.

Выше уже говорилось, ЮНЕСКО считает важнейшей задачей различных ее комитетов по биоэтике

информирование общественности о проблемах нанотехнологий. Этот тезис должен быть взят на вооружение всеми этическими комитетами России, так как иначе в обществе может быть реакция, подобная той, что в настоящее время имеет место по генетически модифицированным продуктам или генной терапии.

Требуют чрезвычайно точного подсчета проблемы продления жизни людей на земле за счет внедрения в организм молекулярных роботов, предотвращающих старение клеток, а также перестройки и «облагораживания» тканей человеческого организма. Если не осуществится другая нанотехнологическая проблема – искусственного синтеза продуктов питания, то удлинение жизни человека может иметь самые тяжкие последствия. Уже сегодня земля не может прокормить 6 миллиардов своих жителей. Если же жизнь людей будет продлена, то не представляет трудностей понять, какие могут быть последствия.

Из сказанного видно, что круг биоэтических проблем нанотехнологий будет чрезвычайно велик, и необходимо уже сегодня рассмотреть возможно большее число этих проблем и меры их решения, профилактики и, по-видимому, подготовки к переводу части из них в медицинское право.

## ОБМЕН ОПЫТОМ

В.В. Сивцев

## ЛИМФОФИБРОМАТОЗ НАРУЖНЫХ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ: КЛИНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЛЬНЫХ

Лимфофиброматоз наружных половых органов является весьма редким соматическим заболеванием. По частоте поражения отдельных органов и систем оно занимает второе место, уступая лимфофиброматозу нижних конечностей [1, 2]. Нами проанализированы данные 51 больного (41 мужчина и 10 женщин) с лимфофиброматозом наружных половых органов, проходивших лечение с 1962 по 2003 г. У 21 больного заболевание сочеталось с лимфофиброматозом нижних конечностей. Этот факт можно объяснить тем, что при нарушении лимфатического оттока от нижних конечнос-

тей страдают не только лимфатические пути, но и паховые лимфатические узлы, принимающие самое непосредственное участие в лимфообращении наружных половых органов. Как показали клинические наблюдения, основной причиной развития лимфофиброматоза половых органов является ранее перенесенное рожистое воспаление кожных покровов нижних конечностей и наружных половых органов.

Обследование больных лимфофиброматозом наружных половых органов должно включить в себя помимо общеклинических исследований (пальпация патологически измененных мягких тканей, пальцевое исследование предстательной железы и региональных лимфоузлов, обзорная рентгенография), также и специальные

методики (изучение микрофлоры кожи и подкожной клетчатки, определение окружности объема, термометрию кожи пораженных органов, выяснение состояния лимфатического оттока при помощи прямой лимфографии полового члена и мошонки).

Основным клиническим признаком заболевания является патологическое увеличение кожи и подкожной клетчатки. Проводимое нами изучение гидрофильности мягких тканей показало наличие отечной жидкости в подкожной клетчатке. Данные обзорной рентгенографии с использованием «мягких» снимков позволили выявить приблизительные размеры патологически уплотненных за счет склеротических изменений подкожно-жировой клетчатки мягких тканей и уточнить их границы