Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

Ю.И. Соколов

РИСКИ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Москва
ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)
2009

УДК 62-022.53
ББК 30

Соколов Ю.И.
Риски высоких технологий / МЧС России. — М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. — 312 с.: ил.
ISBN 978-5-93970-039-2

В книге дана характеристика техногенного общества как общества риска и его связи с появлением принципиально новых технологий, получивших название «высокие технологии».

Отдельная глава книги посвящена воздействию «высоких технологий» на эволюцию человека, их роли в ускорении темпов научно-технического прогресса, биологической и общественной эволюции.

Отдельные направления «высоких технологий», к которым отнесены информационно-коммуникационные технологии, биотехнологии, генная инженерия, искусственный интеллект, нанотехнологии, а также возможное их использование в военных целях, рассмотрены в отдельных главах.

Книга может быть полезна широкому кругу лиц, интересующихся влиянием «высоких технологий» на развитие человеческого общества, а также учащимся образовательных учреждений, изучающим вопросы риска в современном обществе.

УДК 62-022.53
ББК 30

ISBN 978-5-93970-039-2

© Ю.И. Соколов, 2009
© ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009

Содержание

Введение 5

Глава 1. Техногенная цивилизация 8
1.1. Типы цивилизаций 8
1.2. Постиндустриальное общество 14
1.3. Общество риска 26
1.4. Высокие технологии постиндустриального общества 30

Глава 2. Высокие технологии и эволюция человека 40
2.1. Воздействие высоких технологий на человека 40
2.2. Высокие технологии и антропная материя 43
2.3. Проблема антропогенной сингулярности 46
2.4. Проблемы выживания человечества 55
2.5. Вопросы моральной ответственности за будущее 64
2.6. Роль науки и технологии в современном мире 67
2.7. Ускорение темпов научно-технологического прогресса 81
2.7. Ускорение темпов биологической и общественной эволюции 87

Глава 3. Информационно-коммуникационные технологии 95
3.1. Информационные технологии 95
3.2. Развитие информационного общества в Российской Федерации 103
3.3. Роль и значение Интернета 109
3.4. Военное применение информационно-коммуникационных технологий 120
3.5. «Большой Брат смотрит на тебя» 120
3.6. Киберпреступность и кибертерроризм 126

Глава 4. Биотехнологии 133
4.1. Основные понятия биотехнологии 133
4.2. Общая схема биотехнологического производства 136
4.3. Возможности и направления биотехнологии 142

Глава 5. Генная инженерия 154
5.1. Структурная организация генного вещества 154
5.2. Наследственная информация 159
5.3. Проект «Геном человека» 167
5.4. Стволовые клетки 176
5.5. Проект «Протеом человека» 180

Глава 6. Искусственный интеллект 184
6.1. Понятие «искусственный интеллект» 184
6.2. Решения проблемы искусственного интеллекта 190
6.3. Искусственные нейронные сети 196
6.4. Философские аспекты искусственного интеллекта 207
6.5. Робототехника 210

Глава 7. Нанотехнологии 222
7.1. Введение в нанотехнологии 222
7.2. Техника нанонауки и нанотехнологий 234
7.3. Наноматериалы 241
7.4. Философия нанообщества 251

Глава 8. Использование высоких технологий в военных целях 263
8.1. Использование биотехнологий 263
8.2. Генетическое оружие 268
8.3. Международные усилия по контролю за биотехнологиями 278
8.4. Военные роботы 282
8.5. Военное использование нанотехнологий 290

Заключение 298

Использованные источники 304

«Того, кто не задумывается о далеких трудностях, непременно поджидают близкие неприятности»

Конфуций

Введение

Наступивший XXI век породил новые, неожиданные угрозы и вызовы для глобальной цивилизации.

Мы находимся в точке истории, где уже заметно, что развитие идет по экспоненте. За последнее столетие произошло больше изменений в жизни человеческой цивилизации, чем за всю ее предыдущую историю, а 90% всех научных работ написано за последние 15 лет. Сегодня скорость изменений в обществе уже измеряется годами и месяцами.

Технологическая революция продолжается и она требует коренной перестройки всей базы производства на основе высоких технологий.

Есть основания ожидать, что уже в первые десятилетия или даже годы XXI в. произойдет прорыв в области принципиально нового позитивного знания, будут разработаны новые комплексы инновационных технологий.

Осуществляется переход к шестому технологическому укладу. Нисходящая ветвь пятого технологического уклада приходится на 2005–2015 гг., а подъем следующей циклической волны можно ожидать в 2015–2030 гг.

Ядром шестого технологического уклада должны стать, прежде всего, успехи в области информационных технологий, нанотехнологий, молекулярной биологии, искусственного интеллекта, которые относятся к сфере высоких технологий.

Человек вышел на новый виток, связанный с созданием и использованием таких сверхтехнологий, как наноинженерные, молекулярно-биологические, наногеномные, наномедицинские, технологии нейро-чипов, виртуальной реальности, искусственного интеллекта и др. Развертывая практику реализации таких грандиозных мегапроектов, как «Геном человека», «Протеом человека», «Нанотех», «Биотех», «Искусственный суперинтеллект», человек осознает себя существующим не только в виде эволюционирующей биологической телесности, но и в форме многомерной разумной социокультурной среды, поступательно интегрирующей в себя все творения человеческого гения.

Нанотехнологии в синтезе с другими базовыми технологиями XXI века уже сегодня позволяют человеку создавать искусственные атомы, атомарные структуры, программировать материю на атомарном уровне, осуществлять атомно-молекулярную сборку самых разных веществ. Такие технологии способны изменять по воле человека физические свойства вещества на уровне атомов, атомарных структур и простейших молекул, т.е. на уровне объектов и процессов, соразмерных нанометру.

Важнейшее отличие нового витка глобальной эволюции Homo sapiens'а – максимально полное использование знаний о фундаментальных первоосновах неживой, живой и антропной материи. Знания об антропной материи – это знания о геноме человека, его телесности, его нейросистеме, сложнейшего комплекса взаимодействий его сенсорных каналов (зрительного, слухового, тактильного и прочих), разнообразных способов обработки информации. Практика использования столь могущественного знания (включающая в себя самосознание, самопроектирование,

самоконструирование, самореализацию, заботу человечества о своем бытии), превращает человека в такого субъекта действий, который:

– создает искусственные атомы, мир программируемых атомарных структур;

– изменяет по своему усмотрению геномы живых существ планеты;

– модифицирует свой собственный геном;

– гигантски усиливает свой интеллект путем имплантирования в свое тело, в свою нейросистему мощных нейрочипов;

– создает планетарные компьютерно-медийные сети и с их помощью подвергает себя все более мощному информационному прессингу;

– создает «разумную» среду обитания, посредством которой осуществляет заботу о своем бытии в мире, изменяет его, преодолевает его ограниченности;

– преобразует себя в постчеловека.

Входя в новый эволюционный режим, человечество распространяет свою проектирующую, конструирующую, контролирующую деятельность не только на макромир, но и на наномир, т.е. мир атомарно-молекулярных структур живой и неживой материи. Благодаря такой научно-технологической экспансии будущее человечества предстает как суррогатная онтология, т.е. как бытие, которое творится человеком, орудующим все более могущественными наукоемкими технологиями. В XXI веке забота об этой суррогатной онтологии осмысливается как забота человечества о себе.

Мы многим обязаны прогрессу. Последние 200 лет развития человечества радикально преобразили среду, в которой мы обитаем. Однако и заплачено за это тоже было немало. Массовые смерти от химического оружия в первую мировую войну, гибель Хиросимы и Нагасаки, Бхопал, Чернобыль — все это лишь крохотная толика неосторожного, а чаще злонамеренного применения плодов прогресса.

История неопровержимо свидетельствует о том, что едва ли ни все полезные изобретения и научно-технические разработки не только способствуют развитию экономики, но также ставят человечество перед новыми и подчас труднопредсказуемыми опасностями.

Но, как предполагают некоторые ученые, опасность, подстерегающая человечество заключается не в новых видах вооружения — с ядерной бомбой мы живем уже более полувека и, кажется, научились справляться с желанием применять подобные виды оружия. Опасность для нас представляют технологии, которые служат нам сегодня верой и правдой, но завтра, если мы еще немного их усовершенствуем, могут обернуться против нас.

Так, известный американский изобретатель и программист Рэй Курцвайл, рассуждая о перспективах развития искусственного интеллекта, предупреждает, что время появления нового, опасного соперника человечества не за горами. Через какие-нибудь 30 лет, как считает Курцвайл, мы столкнемся с тем, что системы искусственного интеллекта превзойдут обычный человеческий мозг и уже сегодня ученые задумываются, что можно противопоставить машинной мощи.

В книге другого американского ученого Ганса Моравека «Робот: от простой машины к превосходящему разуму» рисуется картина полной роботизации будущего.

Сегодня мы, люди, занимаем господствующее положение на Земле. Почему? Ведь мы далеко не самые сильные – многие животные гораздо сильнее. Нет у нас и многих других физических преимуществ перед животными: мы не можем летать, как птицы, быстро бегать, жить под водой, видеть в темноте и т. д. Интеллект — вот тот «выигрышный билет», который позволил человеку подняться над прочими животными и сделал его фактически «царем зверей».

Человек создал машины, которые с успехом компенсировали недостаток его силы, ловкости, подвижности. Они помогли ему выжить и обрести могущество. Но долго ли продлится наше господство на Земле и не угрожает ли нам опасность? Ведь мы победили животных только потому, что уровень их интеллекта значительно ниже нашего. Но как быть с машинами и роботами, которые день ото дня становятся все более «интеллектуальными»? Нет ли здесь скрытой угрозы для человечества? Что бу-

дет, если в один прекрасный день машины вдруг станут умнее людей? И возможно ли такое в принципе?

Один из основателей крупнейшей компании Силиконовой долины Sun Microsystems Inc. Билл Джой выступил в апрельском номере журнала «Wired» за 2000 г. (ежемесячный журнал, специализируется на публикациях, связанных с высокими технологиями) с резкой критикой безостановочного развития технологий и призвал ученых к этике, которая бы ограничивала «жажду знаний» в некоторых особо опасных направлениях. Впервые о сдерживании прогресса заговорил не представитель «зеленых», а ведущий специалист по высоким технологиям. «Мы влетаем в новый век без плана, без контроля, без тормозов», писал Джой. «Момент, когда мы уже не сможем контролировать ситуацию, быстро приближается».

По мнению этого ученого, изложенному в статье «Почему мы не нужны будущему», есть три направления, в которых человечество ожидают наиболее опасные катаклизмы. Это интеллектуальные роботы, генная инженерия и нанотехнологии. Джой предсказывает появление абсолютно нового класса проблем, которые будут связаны с возможностью быстрого размножения ошибок именно в этих трех областях. Это могут быть быстро эволюционирующие роботы, которые за ближайшие 30 лет достигнут почти человеческого уровня интеллекта и будут бороться с человеком за ресурсы, либо новые болезни, созданные генной инженерией для избирательного поражения отдельных групп людей (например, по национальному признаку), либо самовоспроизводящиеся наномеханизмы, способные привести к массовым разрушениям.

В отличие от опасных технологий прошлого, когда массовые разрушения и гибель людей были результатом действий целых государств, в 21 веке такие проблемы смогут создавать экстремисты-одиночки, поскольку само знание будет их разрушительной технологией, пишет Джой. Кроме того, развитием опасных технологий занимается теперь и коммерческий сектор, а его труднее контролировать, чем военных, которые обычно служат государству.

Пример контроля над ядерным и биологическим оружием показал верный путь самосохранения человечества, и сейчас пришло время снова задуматься, чем грозит людям современная наука.

Глава 1.
Техногенная цивилизация

1.1. Типы цивилизаций

В истории человечества существовало много цивилизаций — конкретных видов общества, каждое из которых имело свою самобытную историю. Известный английский философ и историк А.Тойнби (1889–1975) в своем труде «Постижение истории» (1934—1961) выделил и описал 21 цивилизацию. Позже он выделял уже 36 цивилизаций и пять «живых» цивилизаций третьего поколения: западно-христианскую, православно-христианскую, исламскую, индуистскую, дальневосточную. Все они могут быть разделены на два больших класса соответственно типам цивилизационного прогресса — на традиционные и техногенные цивилизации [[95,116].

Тип цивилизации — методологическое понятие, используемое для наиболее крупного членения культурно-исторического развития человечества, позволяющего обозначить специфические особенности, характерные для многих обществ. В основу типологизации положены четыре основных критерия:

1) общие фундаментальные черты духовной жизни;
2) общность и взаимозависимость историко-политической судьбы и экономического развития;
3) взаимопереплетение культур;
4) наличие общих интересов и общих задач с точки зрения перспектив развития.

На основе этих критериев вычленяются четыре основных типа цивилизации:

1) природные сообщества (непрогрессивные формы существования);
2) восточный тип цивилизации;
3) западный тип цивилизации;
4) современный тип цивилизации.

Природные сообщества. Это тип непрогрессивной формы существования, к которому относятся исторические сообщества, живущие в рамках природного годового цикла, в единстве и гармонии с природой.

Народы, относящиеся к данному типу цивилизации, существуют вне исторического времени. В общественном сознании этих народов отсутствует понятие прошлого и будущего. Для них существует лишь время текущее и время мифическое, в котором живут боги и души умерших предков. Эти народы адаптировались к окружающей среде до такой степени, которая необходима для поддержания и воспроизводства жизни. Цель и смысл своего существования они видят в сохранении хрупкого равновесия между человеком и природой, в сохранении сложившихся обычаев, традиций, приемов труда, не нарушающих их единства с природой.

Вся жизнь сообщества подчинена природному циклу. Оно ведет кочевой или полукочевой образ жизни. Духовная культура и верования связаны с обожествлением сил природы — Воды, Земли, Огня, Солнца и т. д. Функции связи между обожествленными силами природы и сообществами выполняют предводители общин — родов, племен, а также жрецы (шаманы, колдуны). Средством интеллектуального и эмоционального освоения мира выступает мифология. Восприятие мифа осуществляется через образ — целостную наглядную структуру.

Для этих сообществ характерен крайний традиционализм. Изменения происходят по замкнутому кругу, нет восходящего развития. Неизменность однажды установленных порядков поддерживается системой запретов — табу. Самое страшно табу — запрет на всякие изменения. В социальной организации господствует коллективизм: община, род, клан, племя. Властные отношения осуществляются на основе авторитета. Власть опирается либо на традицию (выборные предводители), либо на генеалогическое родство (наследование).

Восточный тип цивилизации (восточная цивилизация) — исторически первый тип цивилизации, сформировавшийся к 3-му тысячелетию до н. э. на Древнем Востоке: в Древней Индии, Китае, Вавилоне, Древнем Египте. Характерными чертами восточной цивилизации являются:

1. Традиционализм — ориентация на воспроизводство сложившихся форм образа жизни и социальных структур.
2. Низкая подвижность и слабое разнообразие всех форм человеческой жизнедеятельности.
3. В мировоззренческом плане представление о полной несвободе человека, предопределение всех действий и поступков, независящими от него силами природы, социума, богов и т. д.
4. Нравственно волевая установка не на познание и преобразование мира, а созерцательность, безмятежность, мистическое единение с природой, сосредоточенность на внутренней духовной жизни.
5. Личностное начало не развито. Общественная жизнь построена на принципах коллективизма.
6. Политическая организация жизни происходит в форме деспотий, в которых осуществляется абсолютное преобладание государства над обществом.
7. Экономической основой жизни является корпоративная и государственная форма собственности, а основным методом управления выступает принуждение.

Западный тип цивилизации (западная цивилизация) — систематическая характеристика особого типа цивилизационного развития, включающая в себя определенные этапы историко-культурного развития Европы и Северной Америки. Основными ценностями западного типа цивилизации, по М. Веберу (один из наиболее крупных социологов начала XX века), являются следующие:

1) динамизм, ориентация на новизну;
2) утверждение достоинства и уважения к человеческой личности;
3) индивидуализм, установка на автономию личности;
4) рациональность;
5) идеалы свободы, равенства, терпимости;
6) уважение к частной собственности;
7) предпочтение демократии всем другим формам государственного управления.

Западная цивилизация на определенном этапе развития приобретает характер техногенной цивилизации.

Техногенная цивилизация — исторический этап в развитии западной цивилизации, особый тип цивилизационного развития, сформировавшийся в Европе в

XV—XVII вв. и распространившийся по всему земному шару, вплоть до конца XX столетия.

Главную роль в культуре данного типа цивилизации занимает научная рациональность, подчеркивается особая ценность разума и основанный на нем прогресс науки и техники.

Характерные черты:

1) быстрое изменение техники и технологии благодаря систематическому применению в производстве научных знаний;

2) как результат слияния науки и производства произошла и научно-техническая революция, существенным образом изменившая взаимоотношения человека и природы, место человека в системе производства;

3) ускоряющееся обновление искусственно созданной человеком предметной среды, в которой непосредственно протекает его жизнедеятельность. Это сопровождается возрастающей динамикой социальных связей, их относительно быстрой трансформацией. Иногда на протяжении одного-двух поколений происходит изменение образа жизни и формирование нового типа личности.

На базе техногенной цивилизации сформировалось два типа общества— индустриальное общество и постиндустриальное общество. 6,28,63]

Современное состояние цивилизационного развития привело к формированию глобальной цивилизации.

Глобальная цивилизация — современный этап цивилизационного развития, характеризующийся возрастающей целостностью мирового сообщества, становлением единой общепланетарной цивилизации. Глобализация связана, прежде всего, с интернационализацией всей общественной деятельности на Земле. Эта интернационализация означает, что в современную эпоху все человечество входит в единую систему социально-экономических, политических, культурных и иных связей и отношений.

Возрастающая интенсивность глобальных взаимосвязей способствует распространению по всей планете тех форм социальной, экономической и культурной жизни, знаний и ценностей, которые воспринимаются как оптимальные и наиболее эффективные для удовлетворения личных и общественных потребностей. Иными словами, происходит все возрастающая унификация социокультурной жизни различных стран и регионов земного шара. Основой этой унификации является создание общепланетарной системы общественного разделения труда, политических институтов, информации, связи, транспорта и т. д. Конкретным инструментом социокультурного взаимодействия является межцивилизационный диалог.

В культурологии зафиксированы некоторые наиболее общие принципы межцивилизационного диалога:

1) усвоение прогрессивного опыта, как правило, происходит при сохранении межцивилизационных особенностей каждого сообщества, культуры и менталитета народа;

2) каждое сообщество берет из опыта иных цивилизаций только те формы, которые оно в состоянии освоить в рамках своих культурных возможностей;

3) элементы иной цивилизации, перенесенные на другую почву, приобретают новый облик, новое качество;

4) в результате диалога современная глобальная цивилизация приобретает не только форму целостной системы, но и внутренне многообразный, плюралистический характер. В этой цивилизации усиливающаяся однородность социальных, экономических и политических форм сочетается с культурным многообразием.

Исследователи также отмечают, что в этом диалоге на современном этапе преобладает западное влияние и, следовательно, основу диалога составляют ценности западной техногенной цивилизации. Однако в последние десятилетия все более заметным становится возрастание значения результатов социально-экономического и культурного развития восточных и традиционных обществ.

Различия традиционной и техногенной цивилизации

Различия традиционной и техногенной цивилизации носят радикальный характер.

Традиционные общества характеризуются замедленными темпами социальных изменений. В этих обществах может смениться несколько поколений людей, заставая одни и те же структуры общественной жизни, воспроизводя их и передавая следующему поколению. Виды деятельности, их средства и цели могут столетиями существовать в качестве устойчивых стереотипов. В культуре этих обществ приоритет отдается традициям, образцам и нормам, аккумулирующим опыт предков, канонизированным стилям мышления. Инновационная деятельность отнюдь не воспринимается здесь как высшая ценность, напротив, она имеет ограничения и допустима лишь в рамках веками апробированных традиций. Этот тип социальной организации сохранился и до наших дней: многие государства третьего мира сохраняют черты традиционного общества, хотя их столкновение с современной западной (техногенной) цивилизацией рано или поздно приводит к радикальным трансформациям традиционной культуры и образа жизни.

Техногенная цивилизация является поздним продуктом человеческой истории. Лишь в XV–XVII столетиях в европейском регионе сформировался особый тип развития, связанный с появлением техногенных обществ, их последующей экспансией на остальной мир и изменением под их влиянием традиционных обществ. Некоторые из этих традиционных обществ были просто-напросто поглощены техногенной цивилизацией.

Техногенную цивилизацию часто обозначают расплывчатым понятием «западная цивилизация», имея в виду регион ее возникновения. Это особый тип социального развития и особый тип цивилизации, определяющие признаки которой, в известной степени, противоположны характеристикам традиционных обществ. Когда техногенная цивилизация сформировалась в относительно зрелом виде, темп социальных изменений стал возрастать с огромной скоростью. Можно сказать так, что экстенсивное развитие истории здесь заменяется интенсивным, пространственное существование — временным. Резервы роста черпаются уже не за счет расширения культурных зон, а за счет перестройки самих оснований прежних способов жизнедеятельности и формирования принципиально новых возможностей.

Самое главное и действительно эпохальное, всемирно-историческое изменение, связанное с переходом от традиционного общества к техногенной цивилизации, состоит в возникновении новой системы ценностей. Ценностью считается сама инновация, оригинальность, вообще новое.

В техногенной цивилизации возникает особый тип автономии личности: человек может менять свои корпоративные связи, он жестко к ним не привязан, может и способен очень гибко строить свои отношения с людьми, погружается в разные социальные общности, а часто и в разные культурные традиции [88,89,94].

Преддверием техногенная цивилизации можно назвать развитие античной культуры, прежде всего культуры полисной, которая подарила человечеству два великих изобретения — демократию и теоретическую науку, первым образцом которой была Евклидова геометрия. Эти два открытия — в сфере регуляции социальных связей и в способе познания мира — стали важными предпосылками для будущего, принципиально нового типа цивилизационного прогресса.

Второй и очень важной вехой стало европейское средневековье с особым пониманием человека, созданного по образу и подобию Бога, с культом человекобога и культом любви человека к человекобогу, к Христу, с культом человеческого разума, способного понять и постигнуть тайну божественного творения, расшифровать те письмена, которые Бог заложил в мир, когда он его создавал. В эпоху Ренессанса, происходит восстановление многих достижений античной традиции, но при этом ассимилируется и идея богоподобности человеческого разума.

И вот с этого момента закладывается культурная матрица техногенной цивилизации, которая начинает свое собственное развитие в XVII в. Она проходит три стадии: сначала — прединдустриальную, потом — индустриальную, и, наконец, — постиндустриальную.

Важнейшей основой ее жизнедеятельности становится, прежде всего, развитие техники, технологии, причем не только путем стихийно протекающих инноваций в сфере самого производства, но и за счет генерации все новых научных знаний и их внедрения в технико-технологические процессы. Человек понимается как активное существо, которое находится в деятельностном отношении к миру. Деятельность человека должна быть направлена вовне, на преобразование и переделку внешнего мира, в первую очередь природы, которую человек должен подчинить себе. В свою очередь внешний мир рассматривается как арена деятельности человека, которая предназначена для того, чтобы человек получал необходимые для себя блага, удовлетворял свои потребности. Так возникает тип развития, основанный на ускоряющемся изменении природной среды, предметного мира, в котором живет человек.

Изменение этого мира приводит к активным трансформациям социальных связей людей. В техногенной цивилизации научно-технический прогресс постоянно меняет типы общения, формы коммуникации людей, типы личности и образ жизни. В результате возникает отчетливо выраженная направленность прогресса с ориентацией на будущее.

Для культуры техногенных обществ характерно представление о необратимом историческом времени, которое течет от прошлого через настоящее в будущее. В то же время, в большинстве традиционных культур доминировали иные понимания: время чаще всего воспринималось как циклическое, когда мир периодически возвращается к исходному состоянию. В традиционных культурах считалось, что «золотой век» уже пройден, он позади, в далеком прошлом. Герои прошлого создали образцы поступков и действий, которым следует подражать. В культуре техногенных обществ иная ориентация. В них идея социального прогресса стимулирует ожидание перемен и движение к будущему, а будущее полагается как рост цивилизационных завоеваний, обеспечивающих все более счастливое мироустройство.

Техногенная цивилизация существует чуть более 300 лет, но она оказалась очень динамичной, подвижной и очень агрессивной: она подавляет, подчиняет себе, переворачивает, буквально поглощает традиционные общества и их культуры.

Техногенная цивилизация в самом своем бытии определена как общество, постоянно изменяющее свои основания. Поэтому в ее культуре активно поддерживается и ценится постоянная генерация новых образцов, идей, концепций, лишь некоторые из которых могут реализовываться в сегодняшней действительности, а остальные предстают как возможные программы будущей жизнедеятельности, адресованные грядущим поколениям.

Идея преобразования мира и подчинения человеком природы была доминантой в культуре техногенной цивилизации на всех этапах ее истории, вплоть до нашего времени.

Ценности техногенной культуры задают принципиально иной вектор человеческой активности. Преобразующая деятельность рассматривается здесь как главное предназначение человека. Деятельностно-активный идеал отношения человека к природе распространяется затем и на сферу социальных отношений, которые также начинают рассматриваться в качестве особых социальных объектов и которые может целенаправленно преобразовывать человек.

С пониманием деятельности и предназначения человека тесно связан второй важный аспект ценностных и мировоззренческих ориентаций, который характерен для культуры техногенного мира, — понимание природы как упорядоченного, закономерно устроенного поля, в котором разумное существо, познавшее законы природы, способно осуществить свою власть над внешними процессами и объектами,

поставить их под свой контроль. А для этого надо только изобрести технологию, чтобы искусственно изменить природный процесс и поставить его на службу человеку, и тогда укрощенная природа будет удовлетворять человеческие потребности во все расширяющихся масштабах.

В современной цивилизации наука играет особую роль. Технологический прогресс XX века, приведший в развитых странах Запада и Востока к новому качеству жизни, основан на применении научных достижений. Наука революционизирует не только сферу производства, но и оказывает влияние на многие другие сферы человеческой деятельности, начиная регулировать их, перестраивая их средства и методы.

Неудивительно, что проблемы будущего современной цивилизации не могут обсуждаться вне анализа современных тенденций развития науки и ее перспектив. Хотя в современном обществе существуют и протестные движения, в целом наука воспринимается как одна из высших ценностей цивилизации и культуры.

Ускоренное развитие техногенной цивилизации делает весьма сложной проблему социализации и формирования личности. Постоянно меняющийся мир обрывает многие корни, традиции, заставляя человека одновременно жить в разных традициях, в разных культурах, приспосабливаться к разным, постоянно обновляющимся обстоятельствам. Связи человека делаются спорадическими, они, с одной стороны, стягивают всех индивидов в единое человечество, а с другой, изолируют, атомизируют людей. Современная техника позволяет общаться с людьми на больших расстояниях. Можно по телефону побеседовать с коллегами из Европы, Азии, США, включив телевизор, узнать, что делается в Австралии, но при этом часто не знать соседей по лестничной клетке, живя подолгу рядом с ними.

Суть перехода к техногенной цивилизации российский философ В. С. Степин характеризует следующим образом: «В техногенной цивилизации темпы социального развития резко ускоряются, экстенсивное развитие сменяется интенсивным. Высшей ценностью становятся инновации, творчество, формирующие новые оригинальные идеи, образцы деятельности, целевые и ценностные установки. Традиция должна не просто воспроизводиться, а постоянно модифицироваться под влиянием инноваций».

Но ценой, грозящей ныне перевесить все блага технического прогресса, являются многочисленные негативные и непредвиденные последствия ускоренной технизации для самих основ существования человека, для социальной и природной окружающей среды.

К сожалению, технический прогресс преподносит беды, выходящие за рамки «обычных» аварий и катастроф. С каждым днем множатся новые «открытия», обратная сторона которых распознается не сразу и проявляется в новых измерениях и обстоятельствах. Но, увы, как сказал один мудрец: «Прогресс — замена одних неприятностей другими!».

В современной культуре усиливается конфликт между духовным и техническим аспектом цивилизации. Технический прогресс не сопровождается прогрессом этики и нравственности. Характер прогресса гадателен, представляется сомнительным и предстаёт перед культурой часто как угроза, а не только как демонстрация актуальной технологии. «Человечество сегодня не соблюдает границ даже элементарного, защитительного приоритета этики над техникой. Это и есть главное нарушение Прав Человека». Луис Ортега (выдающийся философ, лауреат Нобелевской премии, академик философии (США).

1.2. Постиндустриальное общество

Основные черты постиндустриального общества

В представлении Тойнби, цивилизация это целостная общественная система, все части которой взаимосвязаны и взаимодействуют друг с другом. Главную роль в формировании цивилизаций играют географические, этнические и религиозные факторы. В своем развитии каждая цивилизация проходит стадии генезиса, роста, надлома и разложения. Заканчивается этот процесс гибелью и сменой цивилизаций [8,27,111,112].

Для генезиса цивилизации необходима среда, которая в меру благоприятна и не очень враждебна. Существенно также и наличие в данном обществе творческого меньшинства. Рождение цивилизации, по Тойнби, основано на законе вызова и ответа. Механизм действия этого закона предельно прост: умеренно неблагоприятная среда бросает вызов обществу и творческое меньшинство начинает действовать, отвечая на него. Цивилизации развиваются благодаря порыву, который влечет их от вызова через ответ к дальнейшему вызову. Далее следует стадия роста цивилизации, которая отличается социальным единством общества и подражание большинства творческому меньшинству. Цивилизация быстро продвигается вперед. На этой стадии развития цивилизационного процесса действует закон ухода и возврата. Для преодоления кризиса общество может отступить, чтобы накопить силы, внутренне преобразиться, чтобы ответить на новый вызов.

Цивилизация справляется с внутренними кризисами, создавая империи и мировые религии. По мнению Тойнби, мировые религии играют объединяющую роль и являются высшими ценностями и ориентирами исторического процесса. В сущности, их история происходит как бы за спиной истории цивилизаций. Растущая цивилизация отмечена духом солидарности. Большинство общества добровольно следует за творческим меньшинством. В период распада цивилизации происходит отчуждение большинства от меньшинства. Надлом цивилизации ведет к внутренней нестабильности в обществе, к росту социальной напряженности. Общество не способно справиться с вызовом и цивилизация погибает. Стадия надлома характеризуется недостатком созидательной силы у творческого меньшинства, отказом большинства подражать меньшинству и вытекающим из этого распадом социального единства в обществе.

По мнению Тойнби, цивилизации сами кончают с собой. Единственное спасение — стать на путь преображения. Основной тезис Тойнби сводится к тому, что истории всех цивилизаций не могут быть построены в единый ряд, ведущий к современному состоянию. Вместо стеблевидной схемы история предстает в виде дерева и цивилизации подобны многочисленным ветвям.

Теория Тойнби вызвала различные отклики: от полного неприятия как неуместной для XX в., до высокого признания за широкую панораму мировой истории.

Во второй половине XX века в период холодной войны и после ее окончания появился ряд исследований, в которых была сделана попытка дать общую схему развития человечества и показать перспективы процесса цивилизационного мироустройства.

Американский социолог Уолт Ростоу (1916–2003) в 1960 г. предложил социально-экономическую концепцию исторического развития, сформулированную в книге «Стадии экономического роста. Некоммунистический манифест». Он делит историю человечества на пять стадий экономического роста: традиционное общество, переходное общество, стадия сдвига или промышленная революция, стадия зрелости и эра высокого массового потребления. По мнению Ростоу, в развитии общества решающую роль играют технико-экономические показатели.

Идея технологического детерминизма лежит в основе теории индустриального общества. Один из создателей этой теории французский социолог Раймон Арон (1905–1983) в работе «Лекции по индустриальному обществу», изданной в 1964 г., предложил неидеологическую теорию общества, единственно верную, по его словам, ибо она изучает то, что есть в действительности. Он выдвинул тезис о взаимодействии техники и общества.

С одной стороны, утверждает Арон, прогресс науки и техники в XX в. порождает определенные идеалы, с другой делает невозможным их осуществление. Это вызывает массовый пессимизм. Арон показывает, что социальный прогресс характеризуется переходом от традиционного общества (т.е. аграрного, в котором господствует натуральное хозяйство и сословная иерархия) к передовому индустриальному обществу. Он полагает, что единое индустриальное общество способно на безграничное прогрессивное развитие.

Однако, уже в 70-х годах XX в. ученые начали разрабатывать идею, согласно которой научно-технический прогресс приводит к трансформации индустриального общества в качественно иное постиндустриальное общество. Одним из основателей этой теории являлся американский социолог Даниел Белл. В 1973 г. он опубликовал работу «Пришествие постиндустриального общества», в которой изобразил будущее человечества с позиций умеренного технологического детерминизма.

История, по Беллу, развивается в зависимости от уровня развития техники в обществе. Он выделил три этапа общественного развития. Первый доиндустриальный, характеризуется преобладанием сельского хозяйства в сфере экономической деятельности, особой ролью армии и церкви в сфере социальной организации, лидирующим положением феодалов и священнослужителей. На втором, индустриальном этапе преобладает, соответственно: промышленное производство, фирма, корпорация и бизнесмены. В последней трети XX в. происходит переход от товарно-производящей к обслуживающей экономике, ведущая роль в которой принадлежит науке и образованию, что соответствует третьему этапу — постиндустриальному. В постиндустриальном обществе, по мнению Белла, университеты становятся центрами формирования новых идей и перспектив развития, ученые лидерами, а интеллектуальный талант и знания превращаются в средства власти.

В 80–90-е гг. XX в. продолжают появляться теории и концепции, которые дают несколько упрощенную и ограниченную схему цивилизационного развития. По-прежнему эксплуатируется фактор относительной самостоятельности современной научно-технической революции, ускорения и усложнения технического прогресса.

Большой интерес вызвала концепция третьей волны американского социолога Алвина Тоффлера. В книге «Третья волна», вышедшей в 1980 г., им предложена следующая общеисторическая схема. Первая волна, как сельскохозяйственная цивилизация существовала до Нового времени. Затем последовала вторая волна индустриальная цивилизация. С конца XX в. человечество вступило в эпоху третьей волны грядущей цивилизации, с названием которой Тоффлер не определился.

В яркой, образной форме он осуществляет сопоставление сельскохозяйственной и индустриальной цивилизаций на экологическом, научно-техническом, экономическом, политическом, социально-организационном и культурном уровнях. Основной принцип их развития он определяет как неограниченный рост во имя роста. В основе третьей волны, т.е. общества будущего, лежит иной принцип развития: рост, но ограниченный и сбалансированный. Путь перехода к нему Тоффлер видит в гуманизации всех сфер жизни современного человека на основе повсеместного внедрения новейшей компьютерной техники, которое позволит перейти к максимально индивидуальному обслуживанию. Вместе с тем, он отказывается применять термин информационное общество, который все-таки после выхода его книги стал весьма популярным.

Созданные в последние десятилетия схемы, концепции и теории исторического развития появились тогда, когда информационная революция и новейшие высокие технологии стали реальностью. Компьютеризация определяет новый цивилизацион-

ный поворот. Информационные процессы, затрагивая все стороны постиндустриального общества, формируют принципиально иную систему жизнедеятельности этого общества, ее контроля и совершенствования. Все чаще встречается такое понятие, как информационное общество.

Американский исследователь Дж. Несбитт в одной из своих работ замечал, что постиндустриальное общество это информационное общество. Создание, хранение и распространение информации главная тенденция современности. Информацию Несбитт считает наиболее важным стратегическим ресурсом и в настоящее время, и особенно в будущем. Развивая основные идеи своей теории, Несбитт дает широкое описание цивилизационных процессов, показывает перемены в образе жизни, в системе ценностных установок и ориентаций. Он вскрывает некоторые долгосрочные тенденции будущего человечества, которое представляется ему сложным, неоднозначным, но обреченным на оптимистическую логику развития.

В конце XX в. были сформулированы и пессимистические теории относительно перспектив цивилизационного развития. Американский ученый Самуэль Хантингтон в 1996 г. опубликовал книгу «Схватка цивилизаций и переустройство мирового порядка». В ней утверждается, что будущее человечества будет определять конфронтация цивилизаций. Он выделил четыре цивилизации: китайскую, индийскую, мусульманскую и западную. Они возникли на основе мировых религий буддизма, индуизма, ислама и христианства. По мнению Хантингтона, современная западная цивилизация воспринимается другими цивилизациями как слишком агрессивная. К тому же меняется баланс сил: мощь западной цивилизации убывает и набирают силу другие цивилизации, прежде всего исламская. Ожидается, как утверждает Хантингтон, что к 2025 г. мусульманский мир составит одну треть населения земли. По Хантингтону в будущем человечество ждет схватка цивилизаций.

Таким образом, со времени первых теоретических исследований по проблемам цивилизации в этой области достигнут значительный прогресс. По мере усложнения цивилизационных реалий появлялись все более совершенные теории. Создание новых схем и моделей продолжается и в настоящее время.

Крупнейшим водоразделом современной истории можно считать начало перехода от индустриальной к постиндустриальной цивилизации в последней четверти XX в. Для сложившейся в течение XX в. дилеммы капитализм-социализм история выбрала третье решение становление постиндустриального общества.

Начало перехода к постиндустриальному обществу связано со вторым этапом III-й научно-технической революции, который начался в 70-е годы XX в. С ним связан качественный прорыв в трех сферах микроэлектроники, биотехнологий и информатики. Именно в это время завершился век железа в истории человечества, длившийся около трех тысяч лет. Приоритетными материалами становятся керамика, пластмассы, синтетические смолы, что породило даже понятие синтетическая цивилизация. Бурно развивается порошковая металлургия. Осваиваются принципиально новые технологии. Коренные сдвиги происходят в сфере транспорта и связи. Развитие техносферы обострило экологические проблемы до масштабов глобальных и в то же время открыло качественно новые возможности для их решения.

Радикальные перемены произошли в формах организации производства. Индустриальных гигантов все более теснят малые и средние предприятия, объединенные в консорциумы, ассоциации и финансово-промышленные группы. Мелкий и средний бизнес во многих странах уже производит более половины валового национального продукта, обеспечивая дополнительные рабочие места, и отличаясь при этом способностью к гибкой реакции на инновации. Уходят в прошлое машинный строй производства, нараставшая концентрация и централизация власти, превращение человека в винтик огромных технических, экономических и социально-политических систем. В то же время становление постиндустриального общества проходит на фоне сложных интеграционных и дезинтеграционных процессов, которые отражают основные тенденции цивилизационного развития на рубеже XX и XXI веков.

Одной из характерных черт развивающейся постиндустриальной цивилизации является интернационализация экономики. Эта тенденция, зародившаяся еще в эпоху Индустриальной цивилизации, на рубеже веков стала доминирующей. Третья научно-техническая революция вызвала ускорение процесса вовлечения стран в международное разделение труда, обмена продукцией и информацией, что послужило основой для возникновения во второй половине XX в. феномена открытой экономики или интернационализации экономики на основе процессов интеграции.

Уже в начале XX в. существовали международные предприятия, которые во второй половине XX в., используя ЭВМ и современные средства связи, стали превращаться в многоотраслевые комплексы. Эти объединения получили название транснациональных и многонациональных корпораций. К концу XX в. они стали главной движущей силой мирохозяйственных связей.

Вкладывая капитал и создавая многочисленные филиалы за рубежом, эти корпорации (а ими являются практически все крупнейшие компании развитых стран) формируют разветвленную систему мирового производства. Они не признают национальных границ и за счет оптимального размещения производства в разных странах, с учетом их сравнительных преимуществ (наличие источников сырья, квалифицированной рабочей силы, технического уровня производства и др.), достигают высокой экономической эффективности. Развитие международных предприятий и объединений наряду с небывалым расширением мировых рынков товаров и капиталов, рабочей силы способствовало формированию рынков информации (ноу-хау, патенты, лицензии) и научно-технических услуг (инжиниринг, лизинг).

Другим проявлением процессов интернационализации на рубеже индустриальной и постиндустриальной цивилизаций, получившим особое развитие, является межгосударственная интеграция национальных хозяйств. Наиболее развитой формой такой интеграции является Европейский Союз.

Во второй половине XX века зарождающаяся постиндустриальная цивилизация, достигнув немалых высот в различных сферах общественной жизни науке, технике, культуре, столкнулась лицом к лицу с, казалось бы, неразрешимыми глобальными проблемами. Эти проблемы, ресурсно-экономические, демографические, мирохозяйственные, проявляются через кризисы, в том числе в области здравоохранения, образования, культуры, в растущей преступности, что позволяет многим ученым говорить о глобальном кризисе цивилизации.

Среди ученых нет единства во взглядах на перспективы современной цивилизации, на ее способность решить угрожающие ей противоречия. Опираясь на исторический опыт, многие из них справедливо полагают, что возможен вариант гибели современной цивилизации. В качестве основы для столь пессимистического прогноза приводятся многочисленные примеры бесследно исчезнувших цивилизаций прошлого.

Есть, однако, и несколько иная точка зрения на природу современного кризиса цивилизации. По мнению ее сторонников, глобальный кризис современной цивилизации носит планетарный, а не локальный характер, как это было в прошлом. Следовательно, гибель угрожает не какой-то части современной культуры, а человечеству в целом. В силу этого неизбежно противостояние всего человечества глобальной катастрофе, ибо всеобщая опасность роднит, объединяет всех, что вселяет известный оптимизм. Для этого, однако, необходимо уяснить всем, что во-первых, глобальные проблемы не могут быть решены для какой-либо отдельной страны или части страны (например, проблема обеспечения ресурсами), во-вторых, все глобальные проблемы тесно связаны друг с другом.

Постиндустриальное общество лишь вступило в стадию своего становления, и в настоящее время трудно прогнозировать дальнейшие пути цивилизационного развития и преодоления тех кризисных явлений, которое оно частью унаследовало от индустриального общества, частью порождает само. Можно, однако, уже сегодня наметить ряд тенденций развития постиндустриальной цивилизации, которые

становятся ее отличительными чертами и, возможно, будут определять характер ее развития.

Еще одной тенденцией является современная диалектика становления ноосферы — сферы разума как отличительной черты и в то же время объективной потребности развития постиндустриальной цивилизации.

Знание, способность его хранить, концентрировать, приобретать, обмениваться, добывать качественно новое знание, играет все большую, если не доминирующую роль в развитии постиндустриальной цивилизации. Не случайно постиндустриальная цивилизация получила и другое название — информационная цивилизация. Соответственно, развитие науки, сфер интеллектуальной деятельности, приобретает ключевую роль. Современные высокие технологии, без которых уже невозможно не только развитие, но и существование всех основных сфер человеческой жизнедеятельности, есть продукт современного интеллекта, его материализация. Это породило острую потребность в эффективном массовом образовании как базе для развития необходимого интеллектуального и культурного потенциала постиндустриальной цивилизации, и в то же время стимулировало углубление кризиса образования, т.к. образовательные концепции, технологии и системы уже во многом не соответствуют требованиям нового времени.

В основе технологического сдвига, определившего в послевоенный период переход от индустриальной системы к постиндустриальной, лежит обретение наукой и теоретическими знаниями качественно новой роли.

Изменилась сама природа хозяйственного базиса современного общества: «машинные технологии» индустриального уклада стали уступать место «интеллектуальным технологиям», определяющим новые подходы к решению не только технических, но также экономических и социальных задач. К особенностям современного научно-технического прогресса теоретики постиндустриального общества прежде всего относят замену механических взаимодействий электронными технологиями; миниатюризацию, проникающую во все сферы производства; переход к цифровым методам хранения и обработки информации, а также производство программного обеспечения, которое становится даже более важным, нежели создание самой применяющей его техники.

Значительная радикализация технических нововведений проявляется не только в разработке принципиально новых устройств и технологий, но и в их быстром массовом освоении и распространении. Если, например, для масштабного и всестороннего применения фотографии понадобилось 112 лет, а для организации широкого использования телефонной связи — 56 лет, то соответствующие сроки для радара, телевидения, транзистора и интегральных схем составляют, соответственно, 15, 12, 5 лет и 3 года. На протяжении последних двух десятилетий, согласно закономерности, названной «законом Мура», быстродействие микропроцессоров, используемых в персональных компьютерах, удваивается в среднем каждые восемнадцать месяцев.

Важная характеристика современной технологической революции заключается в том, что она затрагивает не частные области общественного производства или отдельные социальные процессы, но непосредственным образом порождает новую экономическую и социальную реальность. Разумеется, в первую очередь это проявляется в тех отраслях, которые в наибольшей степени связаны с научно-техническим прогрессом.

Одним из внешних проявлений технологической революции является отмеченное еще в 60-е и 70-е годы вытеснение человека из сферы непосредственно материального производства. Соответственно происходит изменение структуры занятости, в валовом национальном продукте сокращается доля промышленности и растет доля отраслей третичного сектора. Известно, что индустриальный уклад воплотился в системе массового производства товаров; приметой же постиндустриального общества является экспансия сферы, предоставляющей индивидуализированные услуги и информацию.

В рамках постиндустриальной теории предпринят развернутый анализ изменения структуры общественного производства в послевоенный период. Его методологической базой служит предложенная в 40-х годах английским экономистом и статистиком К.Кларком (1905-1989) трехсекторная модель, согласно которой народное хозяйство подразделяется на три сферы, к первой из которых относятся добывающие отрасли и сельское хозяйство, ко второй — отрасли обрабатывающей промышленности и строительство, а к третьей — производительные и личные услуги.

В довоенный период экономика развитых стран, и в первую очередь США, характеризовалась относительно равномерным распределением занятых в этих трех секторах, однако уже в первое послевоенное десятилетие стал наблюдаться резкий рост занятости в сфере производства услуг и информации. Это происходило как за счет того, что во всех без исключения отраслях увеличилось число «белых воротничков» — квалифицированных работников, непосредственно не связанных с физическим трудом, так и в результате расширения собственно сферы услуг, численность работников которой в эти годы превысила 50 процентов общей численности занятых в народном хозяйстве. Именно это стало причиной того, что постиндустриальное общество отождествлялось сначала с обществом услуг, а впоследствии — с обществом знаний.

Сама сфера услуг не является однородной. Если в доиндустриальном обществе преобладали домашние или личные услуги, то в индустриальном акцент сместился в сторону услуг, игравших вспомогательную роль по отношению к производству, а также финансовых услуг. В постиндустриальном обществе, сохраняющем все ранее существовавшие виды услуг, появляются качественно новые их типы, быстро начинающие доминировать в структуре профессиональной деятельности.

Исходя из этого, сторонники теории постиндустриализма дополнили выдвинутую К.Кларком трехсекторную модель общественного производства еще двумя секторами: четвертичным (quaternary), включающим в себя торговлю, финансовые услуги, страхование и операции с недвижимостью, и пятеричным (quinary), к которому отнесены здравоохранение, образование, научные исследования, индустрия отдыха и сфера государственного управления. Когда исследователи говорят о постиндустриальном обществе как о социуме, основанном на производстве и потреблении услуг, они имеют в виду именно эти сектора.

Информационная революция

Во второй половине 70-х годов все более явно стало заявлять о себе бурное развитие информационных технологий, обретение ими качественно новой роли в производственном процессе. В 80-е годы прошлого века информационный сектор впервые обеспечил большую часть создаваемых в экономике развитых стран новых рабочих мест. Информационные отрасли хозяйства, а также компании, специализировавшиеся на производстве вычислительной техники и программного обеспечения, развивались наиболее быстрыми темпами и привлекали неизменное внимание инвесторов. Резко возрос спрос на программистов, менеджеров, работников сферы образования; темпы прироста численности этих категорий персонала нередко превышали 10 процентов в год. В этот же период на потребительский рынок хлынули товары, определившие его современный облик, — персональные компьютеры, системы сотовой, спутниковой связи и т.д. [1,11,17,20,24,28,45].

Информационная революция радикальным образом изменяет технологический базис общественного производства. Только за полтора десятилетия, с 1980 по 1995 год, объем памяти стандартного компьютерного жесткого диска увеличился более чем в 250 раз, быстродействие персональных компьютеров возросло в 1200 раз. Никогда ранее ни в одной сфере хозяйства не достигалось подобного прогресса. По некоторым оценкам, совершенствование информационных технологий происходит в 3-6 раз быстрее, чем технологий использования энергии, развитие которых на про-

тяжении последних трех десятилетий находится под пристальным вниманием, как правительств развитых стран, так и мирового научного сообщества.

Прогресс в информационной сфере постоянно ускоряется ввиду безграничности спроса на новые технологические разработки. Как показывает практика, каждая новая компьютерная система не только все быстрее приходит на смену предшествующей, но и обеспечивает себе неоспоримый успех на рынке в более короткие сроки. Уже сегодня можно говорить о том, что бурное развитие компьютерных технологий создает не только новый технологический уклад, но, скорее, новую социальную реальность.

Бурная экспансия «знаниеемких» отраслей, начавшаяся в середине 70-х годов, заставила многих исследователей заговорить о наступлении «информационной эры», изменяющей структуру общественного производства. Все чаще при изучении экономических процессов в качестве самостоятельного стал выделяться «информационный сектор», оценка динамики которого давала исследователям гораздо более совершенный инструмент анализа, чем простая констатация расширения сферы услуг.

Информационный сектор в его современном понимании включает в себя передовые отрасли материального производства, обеспечивающие технологический прогресс, сферу, предлагающую услуги коммуникации и связи, производство информационных технологий и программного обеспечения, а также — во все возрастающей мере — различные области образования. Его значение представляется некоторым экономистам настолько большим, что в последнее время при анализе структуры народного хозяйства все чаще предлагается отойти от традиционных подходов и выделять в общественном производстве отрасли, поставляющие на рынок знаниеемкую продукцию (knowledge goods), товары широкого потребления (consumption goods) и услуги (services).

Информация и знания, понимаемые не как субстанция, воплощенная в производственных процессах или в самих средствах производства, а как непосредственная производительная сила, оказываются важнейшим фактором современного хозяйства. Отрасли, производящие знания и относимые к «четвертичному» или «пятеричному» секторам экономики, становятся ныне первичным сектором, снабжающим хозяйство наиболее существенным и важным ресурсом.

Сегодня настал тот момент, когда основными ресурсами общества становятся не труд и капитал, а знания и информация.

Изменение роли материальных факторов производства

В начале XIX века в сельском хозяйстве США было занято почти 75 процентов всей рабочей силы; за полстолетия эта доля сократилась на одну десятую, до 67 процентов, а за следующие 100 лет упала уже в 3,5 раза — до 20 процентов. Но и это было лишь прелюдией: за последние 40 лет доля занятых в аграрном секторе США уменьшилась еще в восемь раз и составляет сегодня, по различным подсчетам, от 2,5 до 3 процентов. В результате с 1994 года статистические органы Соединенных Штатов перестали учитывать долю фермеров в составе населения из-за ее незначительности. Подобные процессы развиваются и в большинстве европейских стран. В Германии с 1960 по 1991 год доля занятых в сельском хозяйстве уменьшилась с 14,0 до 3,4 процента, во Франции — с 23,2 до 5,8 процента. В добывающих отраслях, доля которых в валовом национальном продукте стран ЕС не превышает 3 процентов, занятость сократилась на 12 процентов только за последние 5 лет.

Одновременно произошли не менее радикальные изменения в составе занятых в промышленности. В 70-е годы в странах Запада впервые было отмечено абсолютное сокращение занятости в материальном производстве (в Германии — с 1972 года, во Франции — с 1975-го, в США— с конца 70-х). В середине 50-х годов на долю сферы услуг приходилось 50 процентов валового национального продукта США. К концу

90-х годов этот показатель вырос до 73 процентов. В странах ЕС третичный сектор производит сегодня 63 процента валового национального продукта и обеспечивает работой 62 процента общего числа занятых, в Японии соответствующие показатели составляют 59 и 56 процентов.

Тенденции, сформировавшиеся на протяжении последних десятилетий, представляются сегодня необратимыми.

В последние годы внимание социологов привлекает и тот факт, что весьма широкий круг лиц, согласно статистическим правилам относящихся к занятым в промышленности, в действительности выполняет функции, отнюдь не тождественные непосредственному участию в производственном процессе.

Следует подчеркнуть, что само по себе сокращение занятости в промышленности не означает снижения роли и значения материальной составляющей современной хозяйственной жизни: объем производимых и потребляемых обществом благ не снижается, а растет. Современное производство с избытком обеспечивает потребности населения, как в традиционных, так и в принципиально новых товарах, потребительский рынок развитых стран перенасыщен разнообразными продуктами, а промышленность обеспечена необходимым минеральным и сельскохозяйственным сырьем. Материальная база современного производства остается и будет оставаться фундаментом, на котором происходит развитие новых экономических и социальных процессов.

Этот факт подтверждается и тем обстоятельством, что резкое снижение численности занятых в отраслях первичного и вторичного секторов в развитых странах перестало в последние годы вызывать соответствующее сокращение доли данных отраслей в валовом национальном продукте. Учитывая тот факт, что снижение количества занятых и объема производимого продукта в аграрном и индустриальном секторах до известной степени компенсируется ростом этих показателей в сопряженных с ними отраслях, можно констатировать, что суммарная доля первичного и вторичного секторов в западной экономике с начала 90-х годов стабилизировалась на уровне 30-32 процентов ВНП.

Данная ситуация стала возможной вследствие быстрого технологического прогресса, делающего современное материальное производство все более независимым от рабочей силы. В ближайшие годы промышленное производство в США останется на уровне 23 процентов валового национального продукта, а его объем удвоится на протяжении 10–15 лет; за этот же период количество обслуживающих его работников, вероятно, сократится до 12 процентов общего объема занятости.

Изменение роли материальных факторов производства более четко прослеживается на примере принципиально нового качества экономического роста. В последние годы научно-технический прогресс позволяет наращивать производство материальных благ, не увеличивая потребления энергии и сырья, не привлекая дополнительной рабочей силы. Основой развития становятся технологические новации, значительный рост производительности, повышение эффективности производства.

Например, в сталелитейном производстве компании «Юнайтед стейтс стил», где в 1980 году было занято 120 тысяч человек, численность работников к началу 90-х сократилась в 10 раз, но производительность их труда выросла на 650 процентов. В результате масштабных технологических нововведений в конце 80-х годов доля американского промышленного производства, соответствовавшая его общему объему по состоянию на 1973 год, обеспечивалась всего 40 процентами того количества рабочих, которое было реально вовлечено в производство в начале 70-х.

Рост объемов производства сегодня опережает также и рост потребления минеральных ресурсов и энергии. США, при увеличившемся в 2,5 раза валовом национальном продукте, используют сегодня меньше черных металлов, чем в 1960 году. В сельском хозяйстве — одной из наиболее энергоемких отраслей — прямое потребление энергии сократилось с 1975 по 1987 год в 1,5 раза, а общее (включая косвенное) —

в 1,65 раза. Потребление бензина средним новым американским автомобилем упало с 17,8 до 8,7 литра на 100 километров пробега. При этом ожидается, что в ближайшие годы в производство будут запущены модели, потребляющие всего лишь 2,1 литра бензина на 100 километров.

Путь сбережения энергии далеко еще не пройден до конца. Об этом, в частности, говорит тот факт, что энергоемкость японского промышленного производства почти на треть ниже, чем в Соединенных Штатах. В странах — участницах Организации экономического сотрудничества и развития за период с 1973 по 1985 год валовой национальный продукт увеличился на 32 процента, а потребление энергии — всего на 5 процентов; во второй половине 80-х и в 90-е годы дальнейший хозяйственный подъем происходил на фоне абсолютного сокращения энергопотребления. Правительствами этих стран одобрена стратегия, согласно которой на протяжении будущих трех десятилетий их потребности в природных ресурсах из расчета на 100 долларов произведенного национального продукта должны снизиться в 10 раз — до 31 килограмма по сравнению с 300 килограммами в 1996 году.

Новые технологические решения позволяют не только все более экономно использовать конечные и невозобновляемые природные ресурсы, но в ряде случаев вообще отказываться от их применения, находя им замену в быстро расширяющейся номенклатуре воспроизводимых синтетических материалов.

Крупные промышленные компании все чаще отказываются от использования дорогих и редких материалов, добыча которых порождает экологические проблемы. Так, рынок серебра резко сузился в начале 80-х, когда в компании «Кодак» был изобретен метод фотографирования, позволяющий обходиться без этого металла. То же самое произошло, когда корпорация «Форд» отказалась от использования платины в выпускаемых ею автомобильных катализаторах, а производители микросхем нашли замену золотым контактам и проводникам.

Вскоре после Второй мировой войны стоимость материалов и энергии в затратах на изготовление применявшегося в телефонии медного провода достигала 80 процентов, то при производстве оптоволоконного кабеля эта доля сокращается до 10 процентов. Однако в то время как медный кабель, проложенный по дну Атлантического океана в 1966 году, мог использоваться для 138 параллельных телефонных вызовов, оптоволоконный кабель, инсталлированный в начале 90-х, способен обслуживать одновременно более 1,5 миллиона абонентов.

Таким образом, когда мы говорим об изменении роли факторов производства в современных условиях, мы, прежде всего, имеем в виду вытеснение материальных компонентов готового продукта информационными составляющими. Именно на этой основе снижается значение минерального сырья и труда как базовых производственных факторов, а знания и информация превращаются в основной ресурс производства в любой его форме.

Знания и информация как фактор современного хозяйства

В последние десятилетия хозяйственный прогресс во все большей мере определяется развитием информационного сектора экономики.

Уже сегодня в американской экономике при помощи информации производится около трех четвертей добавленной стоимости, создаваемой в промышленности. Таким образом, по мере развития информационного сектора становится все более очевидным, что информация и знания являются важнейшим стратегическим активом любого предприятия, источником нововведений, основой экономического и социального прогресса, иными словами — принципиально новым ресурсом, к которому неприменимо традиционное понятие «исчерпаемости». Его производство не наталкивается на ограниченность спроса ни внутри страны, ни за ее пределами, так как, с одной стороны, продукция информационного сектора становится все более

дешевой, а с другой — сама природа информации и знаний такова, что каждая удовлетворенная потребность в них тут же порождает множество новых.

Параллельно со стремительным совершенствованием технических параметров информационных продуктов происходит не менее впечатляющее их удешевление. На протяжении послевоенного периода средняя цена трансатлантического телефонного разговора снизилась в 700 раз, а со времени создания технологии, позволившей передавать сигнал по каналам Интернета, — еще в 8 раз.

Новые технологии резко снижают как издержки производства, так и стоимость самих информационных и наукоемких продуктов, что способствует их широкому использованию во всех сферах народного хозяйства.

Информационный сектор, как уже отмечалось, обеспечивает экономический рост без существенного увеличения затрат энергии и сырья. Другая характерная особенность его влияния на хозяйственные пропорции состоит в том, что издержки на производство широкого круга благ, в том числе и потребительских, фактически не увеличиваются при весьма существенном повышении их качества. Таким образом, превращение знаний и информации в базовый производственный ресурс изменяет облик и важнейшие характеристики всех отраслей народного хозяйства. Технологический прогресс определяет теперь развитие производственных процессов, поскольку именно это позволяет снижать издержки и делать продукт более конкурентоспособным, а также обеспечивать постоянное обновление выпускаемой продукции.

На базе использования высоких технологий в последние десятилетия началось формирование отраслей, специфическим образом сочетающих формы материального производства и услуг: речь идет о производстве программных продуктов, развитии средств связи, возникновении целой сети Интернет-услуг. Сегодня информационные технологии расширяют и трансформируют весь третичный сектор, образуя в нем новые «точки роста». «Знаниеемкие» отрасли сферы услуг (включающие в себя здравоохранение, образование, исследовательские разработки, финансы, страхование и т. п.) обнаруживают самые высокие темпы роста занятости и валового продукта.

В настоящее время становится совершенно очевидно, что основу современного хозяйства составляют высокотехнологичные наукоемкие производства. Под их воздействием радикально меняется характер сельского хозяйства, добывающих и обрабатывающих отраслей, производства товаров массового потребления и сферы услуг. Продукт «пятеричного» сектора стал сегодня воистину основным ресурсом современного общества.

Таким образом:

- общественное богатство во все большей степени ассоциируется сегодня с обладанием информацией и знаниями. С одной стороны, сами эти факторы становятся важнейшим условием повышения эффективности производства и тем самым создают то богатство, присвоение которого этими обладателями обеспечивает нарастающую неравномерность в распределении национального достояния. С другой стороны, владение правами на новые технологические достижения обеспечивает невиданный приток инвестиций и резко повышает рыночную цену высокотехнологичных компаний, тем самым лишь усиливая отмеченное выше имущественное разделение современного общества;
- продукция как третичного, так и вторичного секторов производства все более приобретает признаки невоспроизводимости и уникальности. Создание наукоемкого продукта, не говоря уже об информации и знаниях, во многом идентично процессу общения (очного или заочного) его производителя с создателями иных знаний; именно усвоение личностью информации, полученной другими людьми, является условием формирования и накопления нового знания. Потребление как информации, так и продукции ряда отраслей третичного сектора (в частности, образования, здравоохранения, а в еще большей степени — культуры) требует не-

малых усилий со стороны потребляющего субъекта, и эффект такого потребления может существенно различаться в зависимости от индивидуального характера восприятия;

• ориентация на широкомасштабное производство массовых благ как основу благосостояния общества быстро уходит в прошлое. По мере ускорения процесса демассификации и даже дематериализации производства, представляющего собой объективный базис формирования современного постиндустриального общества, важнейшим фактором конкурентоспособности экономики становится степень ее технологизации, а главным богатством той или иной страны или той или иной корпорации становятся ее граждане или работники. В подобной ситуации доминирование постиндустриального мира над всеми остальными регионами планеты, которое начало формироваться еще в 80-е годы, становится совершенно очевидным и необратимым.

В основе концепции постиндустриального общества лежит оценка нового общественного целого как резко отличающегося от общества, господствовавшего на протяжении последних столетий. Речь идет о снижении роли материального производства и развитии сектора, создающего услуги и информацию, изменившемся характере человеческой деятельности, новых типах вовлекаемых в производство ресурсов, а также существенной модификации социальной структуры.

Человечество неотвратимо вступает в информационную эпоху. Вес информационной экономики постоянно возрастает и ее доля, выраженная в суммарном рабочем времени, для экономически развитых стран уже сегодня составляет 50–80%, тогда как в начале века информационной сектор экономики составлял не более 5–10%. Необходимо также отметить естественный закон экспоненциального роста объема информационных потоков. Так по подсчетам науковедов, если с начала нашей эры для удвоения знаний потребовалось 1750 лет, то второе удвоение произошло уже в 1900 году, к 1950 г. удвоение происходило каждые 10 лет, к 1970 г. – уже каждые 5 лет, с 1990 г. – ежегодно.

В информационной сфере США занято более 60% трудоспособного населения. В докладе Бюро трудовой статистики США, подготовленном еще в 1992 году, анализировалось влияние внедренных информационных и коммуникационных технологий на уровень занятости населения и на объем выпускаемой примышленной продукции, а значит, и на производительность труда. В станкостроительной отрасли в 1990 г. было занято 330 тыс. человек, а к 2005 г. а осталось 14 тыс. человек. Это происходит за счет массового сокращения людей на сборочных линиях, внедрения вместо них роботов и манипуляторов. В фармацевтической промышленности будет наблюдаться рост занятости на 1/4 за счет привлечения компьютерных специалистов, программистов, системных аналитиков.

Развитые страны контролируют свыше 80 процентов общего числа патентов, зарегистрированных в мире. Эти показатели свидетельствуют не только об абсолютном доминировании постиндустриального мира в качестве источника инноваций; они показывают, что США и Западная Европа стали основными операторами того рынка, стоимость обращающихся на котором товаров постоянно растет.

Роль основного фактора хозяйственного прогресса переходит к информации и знаниям, обеспечивающим в настоящее время львиную долю успеха той или иной экономики на мировой арене. Именно они выступают тем стратегическим товаром, на который предъявляется наибольший спрос, обладающий при этом наименьшей ценовой эластичностью.

Широко распространив информационные технологии и сделав их неотъемлемым элементом современного производства, постиндустриальные страны могут диктовать цены на этот вид продукции, что увеличивает пропасть между ними и остальным миром, где государства, специализирующиеся на производстве промышленной продукции, оказываются в том же положении, в какое во второй половине 70-х попали

производители природных ресурсов, наивно полагавшие, что спрос на их продукцию никогда не сократится.

Происходящие перемены несут с собой не только новые возможности улучшения жизни людей, но и новые проблемы и опасности. Раньше всего и наиболее отчетливо они проявились в экологической сфере. Второй тревожащий момент состоит в том, что благами, которые дают современная экономика и основанный на ней качественно новый уровень благосостояния, — пользуются далеко не все страны. Бурное развитие науки и технологий охватило лишь небольшое число государств, в которых проживает так называемый «золотой миллиард».

Немалая часть других стран также вышла на новый уровень экономического и социального развития. Но говорить о том, что они тоже включились в процесс формирования постиндустриального общества пока не приходится. Большинство из них даже не на подступах к нему. Более того, есть основания думать, что нынешний разрыв будет сохраняться еще очень долго. Руководители некоторых стран «третьего мира» с нарастающей тревогой наблюдают за все большим отставанием их от промышленно развитых стран, осуществляющих информатизацию. Это может привести к тому, что страна будет восприниматься как сырьевой придаток сообщества информационно и промышленно развитых стран.

Анализ развития современной науки и высоких технологий постиндустриального общества показывает, что их характерной чертой является монотонный процесс миниатюризации, когда для решения поставленной задачи человек затрачивает все меньше и меньше различных материалов и энергии. И помогают ему в этом знания. Знания как бы замещают собой материальную компоненту. Знания становятся движущей силой развития человечества, причем, самой определяющей по своей значимости.

Человек от природы ограничен по своим психофизиологическим возможностям. Интеллектуальные машины усиливают возможности человека в миллионы раз. Происходит взрывное ускорение научно-технического прогресса. Если раньше на освоение какого-то новшества человечество тратило десятки и сотни лет, то теперь аналогичный путь будет проходиться человечеством за месяцы и даже дни.

На каждом новом шаге цивилизация дает в руки каждого субъекта все более и более мощные средства воздействия на окружающее пространство. Одновременно необходимо оценивать и степень риска использования новых технологий и учиться управлять этими рисками.

Переход части обществ к принципиально новым постиндустриальным отношениям сам по себе не решит стоящих перед планетой глобальных проблем, а в некоторых случаях даже обострит их. Быстрое изменение образа жизни будет сопровождаться социальными потрясениями.

Новые информационные отношения несут с собой ускорение технического прогресса, который становится все более неуправляемым. Техника и важнейшие приметы жизни могут измениться коренным образом в очень ограниченное по своим время. Но технологии нового поколения сами по себе не гарантируют человеку счастливого будущего. Средства массовой информации, виртуальная реальность, Интернет и другие возможности получения информации и обмена ею — все это может служить как освобождению человеческого сознания, так и его закабалению. В глобальных информационных сетях проявят себя религиозные течения и идеологии, сторонники умеренности и экстремисты, которые уже сейчас учатся электронному терроризму — разрушению информационных структур идейного противника. Борьба людей, идей и корпораций будет вестись с применением новейших технологий.

Нельзя также забывать, что сама возможность успешного развития постиндустриального общества будет реальной лишь в том случае, если человечество сможет стать более экономным в расходовании природных ресурсов. Иначе планету ждет всеобщий голод, истощение, массовая гибель людей и частичный откат в средневековье.

Конец 20 века стал эпохой горького отрезвления ученых индустриального (в большинстве стран) общества — ни ракеты, ни ядерные реакторы, ни суперкомпьютеры, ни миллионы новых товаров, выброшенных на рынок, оказались не в состоянии дать не только надежду на светлое «завтра», но обеспечить безопасное «сегодня». В самом деле, ученые снабдили политиков оружием, способным многократно уничтожить все живое на планете, однако не выяснили, как от него избавиться и что следует делать дальше. Они дали новые источники энергии и проблему уничтожения радиоактивных отходов вместе с вполне реальной угрозой ядерного терроризма. Они подарили миру антибиотики, спасли миллионы жизней, но тем самым ускорили естественный отбор в мире микроорганизмов. И это привело к появлению штаммов, устойчивых ко всем созданным препаратам. Появились глобальные проблемы в окружающей среде: озоновая дыра, перспектива глобального потепления, гибель огромных массивов тропических лесов.

Не произойдет ли такое же с использованием новых технологий постиндустриального общества, способных создать совершенно новые риски и управление которыми человечество может найти не скоро, если вообще это будет возможно.

Опасность усугубляется тем, что существует отставание нравственных императивов от уровня технологии. Создатели новых сверхмощных видов оружия часто полагали, что их оружие будет настолько страшным, что войны прекратятся. Но они ошиблись. Судьбы Хиросимы и Нагасаки, ведение войны в центре Европы с использованием самого современного оружия и многие другие трагедии, как выяснилось, ничему не учат.

Новых подходов потребует и контроль нескольких недавно появившихся научных направлений технологий постиндустриального общества, исследования в которых в ближайшие десятки лет могут привести к новым угрозам в глобальном масштабе. Это – биотехнологии, генная инженерия, нанотехнологии, робототехника (искусственный интеллект), информационные технологии.

1.3. Общество риска

Нынешнюю фазу эволюции техногенной (технологической, Западной) цивилизации – результат длившейся весь XX век научно-технической революции – принято называть «информационным обществом» или «обществом риска»[19,27,31,55,100,104,108,117,119]. Эти названия фиксируют два основных и взаимосвязанных признака ситуации, которая определяет образ жизни и перспективы будущей истории человечества, по крайней мере, на ближайшие десятилетия:

информационный характер современных «высоких» технологий;

усложнение среды обитания человека разумного, где нарастают кризисные явления и возникают новые источники опасности для его существования, благополучия и здоровья.

Обыденное понимание информации делает ее синонимом знаний, сведений, известий. Но со времени публикаций пионерских работ Клода Шеннона конца 1940-х годов утверждается другое понимание, которое делает информацию фундаментальной категорией описания реальности – наряду с материей и энергией. Информацией обозначают свойство объектов, состоящее в том, что изменения структуры одного объекта (источника информации) порождают соответствующие изменения структуры другого объекта (приемника), причем характер таких изменений не зависит непосредственно от природы материальной связи между объектами.

Если воспользоваться приведенным выше определением, к информационным технологиям следует отнести любые способы реконструкции объектов реальности,

основанные на изменении содержащейся в них информации. Основываясь на этом к информационным технологиям, помимо собственно программного компьютерного обеспечения, можно отнести генетическую инженерию и биоинформатику, психосоматическое программирование и прочие способы управления сознанием и т. д. и т. п.

Достижение обществом определенного уровня технологического развития, помимо очевидных преимуществ, имеет и свою обратную сторону.

Дальнейшее развитие исследований риска в социальной теории привело к появлению концепции общества риска немецкого социолога Ульриха Бека. Он вывел понятие системного инцидента за узкие рамки функционирования технологических систем, определив современное общество как общество риска, который является всеобщим, непредсказуемым и некалькулируемым. Общество и его институты вынуждены постоянно оценивать свои действия с позиций приемлемости риска. Именно этот процесс определяется Беком и его последователями как рефлексивная модернизация. Она в интерпретации Бека имеет двойственный характер: с одной стороны, направлена на минимизацию риска, а с другой – постоянные изменения и трансформации увеличивают риск.

По мнению У. Бека общество с высоким уровнем индустриализации неизбежно становится обществом риска. Производство рисков сопутствует процессам модернизации. Общая модель рисков постоянна: модернизация как причина, ущерб как побочное последствие.

Лейтмотивом его работы «Общество риска» служит следующий тезис: создание новых технологий ведет к производству новых технологических (прежде всего индустриальных) рисков. При этом риск анализируется в категориях перехода от индустриального общества к обществу риска, где риск рождается в русле прогрессирующей модернизации и становится детерминирующим фактором среды жизнедеятельности.

Риск в концепции У. Бека определяется «как систематическое взаимодействие общества с угрозами и опасностями, которые порождаются процессом модернизации как таковым. В отличие от прошлых эпох, современные риски суть последствия, прямо связанные с угрожающей мощью модернизации».

«Риск может быть определен как систематическое взаимодействие общества с угрозами и опасностями, индуцируемыми и производимыми процессом модернизации как таковым. Риски, в отличие от опасностей прошлых эпох, являются следствием угрожающей силы модернизации и порождаемых ее чувств неуверенности и страха».

«Общество риска» – это общество, производящее технологические и социальные риски. Производство рисков возникает во всех сферах жизнедеятельности общества – экономической, политической, социальной. Следовательно, производство риска ведет за собой и следующие фазы: распространение и потребление риска (рис.1).

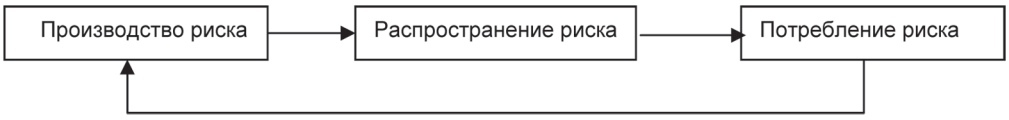


Рис. 1. Схема производства, распространения и потребления риска

Конечная фаза – потребление риска, одновременно ведет и к накоплению риска, росту «массы» риска. При потреблении происходит не поглощение риска, а его аккумуляция. Критическая «масса» риска растет. Риск становится растущим моментом социального производства. И поэтому он вынуждает общество в целом соотносить и оценивать результаты производства и его скрытые побочные эффекты. *«Неиз-*

вестные и непреднамеренные последствия становятся доминантной силой в истории и обществе».

Латентность рисков. Особенностью современного общества становится «невидимость» рисков. Многие из современных технологических рисков не могут быть восприняты органами чувств человека и быть подвергнуты математической калькуляции. Поэтому специфика современного риска заключается в том, что «опасная реальность скрыта от восприятия». Если индустриальное общество отличалось «культурой видимости» и факторы стратификации (богатство, власть, престиж) были очевидны, то в обществе риска подобная очевидность исчезает. Невидимые риски играют существенную роль в социальном смысле. Недоступные обыденному знанию риски подпитывают иллюзию отсутствия опасности.

Глобализация рисков. Риски, согласно концепции «общества риска» У. Бека, преодолевают границы государств и получают глобальное значение. Универсальные для всех обществ опасности сопровождают постиндустриальное социальное производство, в какой бы стране оно не находилось. Техногенные катастрофы и промышленные аварии отражаются не только на состоянии экологической среды данной страны, но также и соседних стран. Последствия подобных катастроф сказываются в экономической сфере, как правило, двояким образом: катастрофа уменьшает ресурсы страны и перетягивает их значительный объем на ликвидацию последствий.

Риски, порождаемые современной модернизацией, отличаются от рисков предшествовавших эпох тем, что они:

во-первых, не воспринимаемы органами чувств человека, эти риски воспринимаются и осмысливаются только через знание; центр осознания рисков находится не в настоящем, а в будущем;

во-вторых, современные риски не ограничены во времени и пространстве;

в третьих, они не компенсируемы (радиационный фон, сокращение продолжительности жизни);

в-четвертых, современные риски не имеют конкретного виновника: в таком обществе каждый является причиной и следствием возникновения рисков («риски коллективной безответственности»);

в-пятых, первоначальное распределение рисков в обществе происходит обратно схеме распределения богатств: обеспеченные люди могут «купить» себе безопасность от рисков, в низших слоях общества материальная нужда заставляет пренебрегать рисками.

Риск, таким образом, создает новые общности, ценностной основой которых становится отношение к безопасности (те, кто извлекает из рисков выгоду и те, кто ему подвержен; те, кто обладает знаниями о риске и те, кто ими не обладает).

И, наконец, осознание рисков чаще всего не приводит к принятию адекватных мер по его устранению, из чего следует, что «чрезвычайное положение грозит стать нормой жизни» общества риска.

С этой точки зрения социальную реальность допустимо интерпретировать как производство рисков — производство легитимное и осуществляемое во всех сферах жизни общества.

По мнению У. Бека, в современном обществе – «обществе риска» происходит:

— универсализация риска — возможность глобальных бедствий и катастроф, которые угрожают всем, независимо от класса, этнической принадлежности, отношения к власти;

— глобализация риска, которая приобретает необычный размах, затрагивая большие массы людей;

— институционализация риска — отражение на состоянии науки, семьи, образовании, системе наемного труда и политики.

Изменения в «обществе риска» носят всеобщий характер и затрагивают самые разные сферы жизнедеятельности человека: семью, образование, труд, науку и т.д.

Общей тенденцией изменений в рамках «общества риска» является всесторонняя индивидуализация. Индивидуализация по Беку означает не изоляцию, а активное оформление индивидуальных биографий и создание новых форм солидарности, которые базируются на индивидуальных связях.

Повсеместно наблюдается размывание классовых связей, высвобождение индивида из рамок классовой принадлежности. Индивид в современном обществе предоставлен сам себе при обустройстве собственной судьбы, карьеры и т.д.

Важный шаг в развитии оценки риска, позволивший в конечном итоге увязать социальные и технологические аспекты оценки риска был сделан американским социологом Чарльзом Перроу, который ввел понятие *обычной или системной аварии* (normal or system accident).

Ч. Перроу занимался социологией организаций и исследованием сложных технологических систем. Он произвел детальный анализ ряда аварий, включая аварию на атомной станции. Результатом его работы стали три ключевых вывода:

системная авария в сложных технологических системах неизбежна и непредсказуема, ее вероятность невозможно просчитать, так как она всегда существует в силу нелинейного сочетания элементов;

системная авария одинаково свойственна как старым, хорошо отрегулированным отраслям промышленности (например, нефтехимии), так и новым, пока еще плохо контролируемым (ядерная энергетика);

количественная оценка риска просто игнорирует сложные взаимодействия между компонентами системы, которые и являются причиной многочисленных и неизбежных системных сбоев.

Теория Чарльза Перроу, критика технических систем, опубликованная еще в 1984 г., постулирует, что определенные сложные системы невозможно сделать достаточно безопасными и наличие системных ошибок является их неотъемлемым свойством.

Перроу классифицирует системы по двум основным признакам:

виду взаимодействия — линейное или сложное. Системы со сложным взаимодействием характеризуются, в частности, наличием обратной связи, большим числом параметров, зависимостями между подсистемами, высокой степенью интеграции;

виду связи — слабая или сильная. Тесно связанные системы не допускают, в частности, задержек во времени (например, при восстановлении после сбоя или отказа), в них приемлемы лишь небольшие отклонения при выполнении тех или иных процедур, они менее отказоустойчивы и обладают малой избыточностью.

Перроу аргументирует свой постулат тем, что тесно связанные системы требуют скорее централизованных управляющих и организационных структур, в то время как для систем со сложным взаимодействием более пригодна децентрализованная структура. Из-за возникающего при этом противоречия и с учетом дополнительных факторов (потенциальные негативные последствия и стоимость альтернативных технологий) Перроу требует запретить эксплуатацию сложно взаимодействующих и тесно связанных систем, как обладающих катастрофическим потенциалом, поскольку в них квазизапрограммированы аварии с тяжелыми последствиями. К таким системам он причисляет, прежде всего, ядерное оружие и гражданские ядерные реакторы. Перроу приводит также аргументы в пользу того, что дополнительные мероприятия по повышению безопасности в этих системах непродуктивны, поскольку вызывают повышение степени их сложности или более тесного взаимодействия.

В заслугу Перроу ставится даже общее повышение безопасности благодаря мероприятиям, выполненным по результатам обширных аналитических исследований факторов риска и аварий.

Теория Перроу сыграла также важную роль в формировании гораздо более широкого подхода к изучению причин аварий. В настоящее время наукой общепризнано, что аварии редко имеют простые объяснения и за лежащими на поверхности

непосредственными причинами, например ошибочными действиями человека, погребена целая гора скрытых причин (называемых также базовыми — root cases). Этот подход иллюстрирует рис. 2.

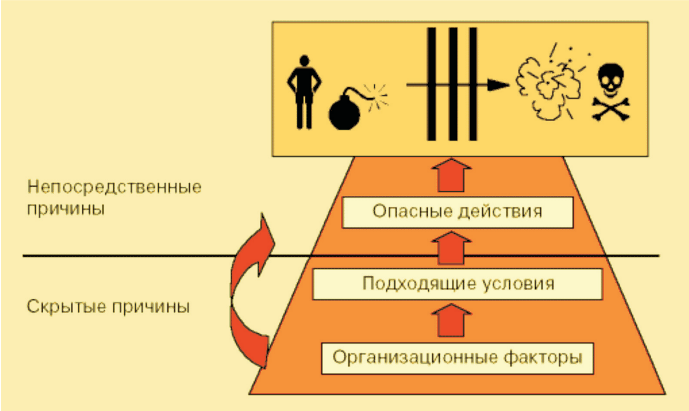


Рис. 2. Базовые причины аварий

1.4. Высокие технологии постиндустриального общества

В теории постиндустриального общества развитие общества и всех его сфер связывается с прогрессивным развитием техники и технологий, то есть с техническим (технологическим) прогрессом. С середины XX в. технический прогресс приобрел ряд специфических особенностей. Он практически «слился» с научным прогрессом, что нашло отражение в появлении специального термина – научно-техническая революция (НТР), которая определяется как совокупность взаимообусловленных качественных изменений в науке и технике, ведущих к коренному изменению роли науки и человека в производственном процессе, с одной стороны, и к становлению новой постнеклассической науки и науки как научного производства, с другой стороны [21,31,39,57,76,77].

Само становление постиндустриального общества связано с быстрым распространением принципиально новых технологий, получивших название «высокие технологии» – *Hi-Tech* (от англ. *high technology*).

Высокие технологии — наиболее новые и прогрессивные технологии современности. Переход к использованию высоких технологий и соответствующей им техники является важнейшим звеном НТР на современном этапе. К высоким технологиям обычно относят самые наукоёмкие отрасли промышленности: полупроводниковые технологии, информационные технологии и телекоммуникации, робототехника и электромеханика, нанотехнологии и новые материалы, живые системы и биотехнологии (генная инженерия и генотерапия, биохимия и биофизика, микробиологическая промышленность).

Энциклопедический словарь определяет технологию (от греч. «*techne*» – «искусство», «мастерство», «умение» + «*logos*» – «наука») как совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния (свойств, формы) первоначального сырья в процессе производства конечной продукции.

Происходят глубокие культурные и социальные трансформации во всех сферах современного социума. Изменения лавинообразно нарастают и затрагивают не только социокультурную сферу, но и самого человека. Высокие технологии влияют на

образ жизни, ценности и телесность современного человека, существенно изменяют способы его существования. Мощь *Hi-Tech* актуализирует проблему оценки последствий от внедрения новых высоких технологий.

В постиндустриальном обществе наблюдается значительное возрастание роли науки в виду увеличения наукоемкости современных технологий, что делает необходимым изучение механизмов взаимосвязи научных исследований с развитием техники и технологий. Сама наука переживает серьезные трансформации: изменяется организация науки, модифицируются способы и методы получения научного знания и многое другое. Меняются взаимоотношения науки и общества. Процессы коммерциализации науки, стимулируемые развитием *Hi-Tech*, вызывают новые серьезные проблемы этического характера. Происходит значительная трансформация научного этоса (этос науки — понятие философии и социологии науки, обозначающее совокупность моральных императивов, принятых в научном сообществе и определяющих поведение ученого). Появление *Hi-Tech* создало ряд проблемных ситуаций, не наблюдавшихся ранее. Проблемой становится выявление места и значения высоких технологий как фундаментального фактора современного социального развития.

Феномен *Hi-Tech* представляет новую степень взаимопроникновения фундаментального знания, требований производства и общества.

Принципиальными отличиями высоких технологий от других технологий являются:

1) усиление в принципиальной степени темпов и сил воздействия *Hi-Tech*, вызывающих обратные связи, что приводит к быстрым и необратимым системным изменениям социокультурной действительности;

2) стремление исключить непосредственное участие человека из сферы постановки задач;

3) предрасположенность *Hi-Tech*-продуктов становиться звеном другого высокотехнологичного процесса;

4) изменение порядка прохождения стадий создания технологии, при котором процесс репликации продуктов технологии запускается до начала стадии технологического процесса;

5) идеи *Hi-Tech* генерируются фундаментальным знанием, но отбор исследовательских программ осуществляется не научной элитой, а бизнес-элитой; цель исследовательских разработок заключается не в установлении научной истины, а в создании продукта, отвечающего возможностям технологического развития социума, что ускоряет процессы формирования технонауки, коммерциализации науки и деформации научного этоса;

6) необходимость обеспечения процесса репликации продуктов *Hi-Tech* вызвала появление Hi-Hume – высоких социогуманитарных технологий, направленных на манипуляцию индивидуальным и массовым сознанием, способных разрушать механизмы саморегуляции человека и социума, и что именно благодаря Hi-Hume: во-первых, достигается значительный и достаточно быстрый социокультурный эффект от воздействий *Hi-Tech*, во-вторых, формируются новые потребности, оформляющиеся в свою очередь в социальный заказ к фундаментальной и прикладной науке на новые исследования, которые могут стать основой для новейших, более совершенных технологий;

7) механизмы воздействия *Hi-Tech* на социокультурную действительность и человека определяются их информационной природой: функции высоких технологий перестраивают формы культуры и формируют различные модели поведения человека;

6) амбивалентность высоких технологий, которая заключается в том, что для своего создания высокие технологии требуют высококвалифицированных и высококомпетентных специалистов, но от массового потребителя они требуют только наличия функциональной грамотности.

Принципиальные отличия *Hi-Tech* основываются также на социально-экономической специфике феномена высоких технологий: высокой наукоемкости, высокой скорости внедрения и ротации, структурной перестройке экономики, из-

менении процессов организации производства и методов управления. Базовыми для высоких технологий выступают информационные технологии.

В настоящее время принципиальное отличие высоких технологий от других технологий основывается на инициируемых ими эффектах самоорганизации социокультурных систем без возможности предсказания результатов этих эффектов в реальном времени.

В процессе репликации продуктов любой технологии происходит воздействие на социокультурную сферу. Но для современных высоких технологий характерен очень быстрый и очень значительный социокультурный эффект. Высокие технологии всегда меняют сеть поддержки технологии, но современные высокие технологии, в первую очередь информационные технологии, за очень короткий промежуток времени (от нескольких лет до нескольких месяцев) распространяются во всех секторах экономики, их сети поддержки тесно переплетены. Продукты, произведенные на основе *Hi-Tech*, практически всегда становятся каким-либо звеном другого автоматизированного высокотехнологичного процесса. Благодаря расширению процессов автоматизации всех этапов создания технологии *Hi-Tech* вытесняют человека и из сферы постановки задач.

Современные высокие технологии оказывают очень сильное влияние и на образ жизни человека, и на его деятельность, и на самого человека.

В виду нарастающего воздействия высоких технологий на социокультурные системы формируются двойные положительные обратные связи: значимость высоких технологий в развитии общества нарастает, поэтому осуществляется все большее финансирование сферы *Hi-Tech*, имеющее следствием расширение *Hi-Tech*-производств и увеличение числа специалистов в этой сфере, что ведет к созданию и внедрению все новых высоких технологий, дальнейшему расширению *Hi-Tech*-производств и перестройке системы образования в сторону увеличения количества подготавливаемых специалистов для данной сферы, и как следствие — ко все нарастающему воздействию высоких технологий на социум и культуру. Современные социокультурные системы (и сам человек) вынуждены постоянно совершать выбор между альтернативными путями развития.

Высокие технологии инициируют эффекты самоорганизации социокультурных систем, которые нельзя заранее спрогнозировать.

Высокие технологии требуют для своего создания новейшего междисциплинарного научного знания (не только естественнонаучного и технологического, но и социально-гуманитарного знания). *Hi-Tech* взаимосвязаны между собой и взаимообусловливают друг друга, но основой их развития являются информационные технологии.

Hi-Tech формируют новый рынок и новые потребности, что наряду с высокой конкуренцией вынуждает начинать репликацию продуктов *Hi-Tech* еще до начала стадии технологического процесса, когда привлекательные образы будущего продукта начинают тиражироваться до создания самого продукта. Физический срок службы продуктов *Hi-Tech* стал больше срока их создания и вывода на рынок, но в виду быстрого морального старения продукты *Hi-Tech* могут и не доходить до стадии репликации, либо эта стадия оказывается очень непродолжительной.

Вообще, под высокой технологией предлагается понимать условное обозначение наукоемкой, многофункциональной, многоцелевой технологии, имеющей широкую сферу применения, способной вызвать цепную реакцию нововведений и оказывающей весьма значительное и очень быстрое воздействие на социокультурную сферу и человека.

Мир современной техники и технологий в виду своей сложности теряет наглядность и понятность функционирования. Непостижимость высоких технологий для большинства потребителей способствует формированию отношения к *Hi-Tech* как к чуду, росту зависимости и беспомощности человека перед техникой и технологиями и снижает ответственность за последствия использования технологий.

Новые технологии способствовали структурным сдвигам в науке. Компьютеризация науки и появление сложных приборных комплексов, основанных на инфор-

мационных технологиях, позволяют организовать комплексные исследовательские программы, в которых принимают участие специалисты различных областей знания. При этом растет удельный вес и значимость технических и технологических наук.

Эти науки становятся самостоятельной группой наук и выполняют функции познания, конструирования и объяснения функционирования искусственно созданной технической среды, например, биотехнология, нанотехнология, информатика.

Отмечается переориентация направленности развития науки и технологии. Современная (постнеклассическая) наука изучает сложные, исторически развивающиеся системы, среди которых особое место занимают природные комплексы, в том числе такие, в которые включен сам человек (объекты биотехнологии, системы «человек»—«машина»—«окружающая среда» и др.), при этом наука и технология приближаются к человеку не только извне, но и как бы изнутри, проектируя не только для него, но и его самого.

Особую роль на трансформацию науки оказали информационные технологии, в первую очередь вычислительная техника, воздействие которой на научное познание многопланово. Процессы активной автоматизации экспериментальных и теоретических исследований позволяют исследовать сложноорганизованные системы. Вычисления стали рассматривать как самостоятельный компонент научного метода. Диалог «человек – компьютер» становится органичной составной частью исследовательского процесса. Вычислительное и информационное моделирование превращается в самостоятельный компонент научного метода наряду с экспериментом и теорией.

Изменяются само видение мира и язык науки. Благодаря компьютерам восприятие становится все более косвенным. Реальность становится опосредованной телетехнологией. Это касается и способов общения в современном научном сообществе, которое становится дистанционным, но при этом интерактивным (например, телеконференции, интернет-форумы и т.п.). В целом информационные технологии способствуют рационализации и автоматизации научной деятельности.

Установлено, что не только технологии оказывают огромное воздействие на общество и науку, но и сами технологии развиваются теперь под воздействием науки. В постиндустриальном обществе прогресс технологий стал целиком определяться прогрессом соответствующих научных дисциплин.

Изначально понятие «технология» связывалось только с материальным производством. Под технологией понимались: 1) совокупность знаний о способах обработки материалов, изделий, методах осуществления каких-либо производственных процессов; 2) совокупность операций, осуществляемых определенным способом и в определенной последовательности, из которых складывается процесс обработки материала, изделия; 3) описание производственных процессов, инструкции по их выполнению, технологические правила, требования, карты, графики и др.; 4) наука о способах воздействия на сырье, материалы и полуфабрикаты соответствующими орудиями производства.

Подобные смысловые значения технологии появились и получили распространение в индустриальном обществе, когда основным продуктом в производстве были материальные предметы или вещества, а понятие «технология» ассоциировалось исключительно с производством материальных благ.

С развитием индустриального общества и переходом к постиндустриальному постепенно происходило расширение сферы употребления понятия «технология». Оно стало употребляться и применительно к сфере услуг, где конечным продуктом технологии является услуга.

Технологиям стали придавать общесоциальное значение. Появились такие понятия, как «социальные технологии», «гуманитарные технологии», «бизнес-технологии», «предвыборные технологии», «технологии мышления» и др.

Основными системообразующими технологиями феномена *Hi-Tech* являются нанотехнологии, биотехнологии и информационные технологии.

Нанотехнологии

Появление *нанотехнологий* было обусловлено изменением пути развития научного знания: переходом развития науки от пути анализа (от сложного к простому) к пути синтеза (от простого к сложному). Другой научной основой нанотехнологий стала расшифровка атомно-молекулярного строения веществ. В результате стало возможно, соединяя определенным образом отдельные атомы и молекулы, получать искусственно синтезированные неорганические и органические вещества (кристаллы, полимеры, белковые молекулы и др.).

Следует различать нанотехнологию как науку, имеющую свою сферу фундаментальных и прикладных исследований, изучающую свойства наноструктур, закономерности их формирования и функционирования, и нанотехнологию, как базирующийся на данных нанотехнологических исследований, набор конкретных технологий и методик, основанных на манипуляциях с объектами, один из размеров которых лежит в области 1–100 нанометров (1 нм = 10^{-9} м).

Как наука, нанотехнология представляет собой новое междисциплинарное научно-техническое направление, сформировавшееся на стыке физики, химии, биологии, техники, медицины, материаловедения. Область наноразмеров – это область действия законов квантовой механики, которые определяют как свойства наноструктур, так и закономерности их формирования. Исследования в нанотехнологии ведут к формированию новой картины мира, в которой действуют законы, отличные от макромира.

Нанотехнологии демонстрируют стремление современного человека управлять микромиром. Они возникли как естественный результат от взаимодействия двух направленных навстречу друг другу стратегий предметной деятельности: процесса миниатюризации и процесса усложнения молекулярной структуры при химическом синтезе. В обоих случаях человек играет роль творца, для которой еще не имеется должных этических ограничений.

Предполагается, что благодаря нанотехнологии будут осуществлены прорывы в области информационных технологий (новая элементная база, новые запоминающие устройства, оптическая передача информации и др.) и биотехнологий (биодатчики, ДНК-чипы, расшифровка геномов и многое другое).

Но само развитие нанотехнологий было бы невозможно без развития вычислительной техники, так как в разработке нанотехнологий очень велика роль компьютерного моделирования и многочисленных сложных расчетов. Развитие нанотехнологии тесно связано с развитием биотехнологии и во многом стимулируется ее потребностями.

Биотехнологии

Биотехнология – это любая технология, которая использует живые организмы или субстанции, выделенные из этих организмов, для изготовления или модификации продукта, улучшения растений или животных либо создания микроорганизмов для специфических целей. Биотехнологией называют также науку об использовании живых процессов в производстве.

Основу биотехнологии составляет генная (генетическая) инженерия, представляющая собой совокупность методов и подходов, имеющих целью получение биологических структур с программируемыми, передающимися по наследству свойствами, которые невозможно получить традиционными методами селекции.

Бурное развитие компьютерной индустрии и нанотехнологий способствовало тому, что исследования в сфере биотехнологии приобретают черты индустриального характера. Возникла индустриальная (промышленная) молекулярная биология, наиболее яркими и важнейшими продуктами которой стали биологические микрочипы (биочипы), сочетающие в себе подходы биотехнологии с нанотехнологиями.

Секвенирование ДНК за последние 30 лет превратилось из уникальной лабораторной методики в промышленный процесс. Анализ показал, что прогресс биотехнологии невозможен без разработки специализированных аппаратных, алгоритмических и программных средств.

В биотехнологии тело человека начинает рассматриваться как некий «агрегат», который пока теоретически, а в недалеком будущем и практически с помощью генетического модифицирования может быть «отремонтирован», полностью обновлен либо усовершенствован. Человек понимается как динамическая, гибкая и перепрограммируемая биологическая система. В перспективе ожидаются постоянные изменения функциональных возможностей тела.

Появление био— и нанотехнологий, основанных на информационных технологиях, заставляет переосмыслить отношения между человеком и машиной, между генетическими и компьютерными «кодами»: больше нет никакой четкой границы между телом и технологией в биотехнологии, вышедшей на уровень наномасштаба.

Современные исследования в области био— и нанотехнологий заставляют также переосмыслить как само понятие «жизнь», так и понятия «человек», «машина», «технология», «лечение» и ряд других. Проблематизируется вопрос о грани, отделяющей собственно лечение в привычном для медицины смысле от биотехнологической «модернизации».

Информационные технологии

Информационная технология — совокупность методов, производственных и программно-технологических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации. Информационные технологии предназначены для снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов.

В процессе создания любая технология проходит несколько стадий (технологического знания, технологического процесса, репликации продуктов технологии). Это относится и к информационной технологии. В зависимости от того, какой этап информационного процесса создания технологии подразумевается (генерация, рецепция и т.д.), и зависят те акценты, которые расставлены в имеющихся определениях информационной технологии.

Информационные технологии (ИТ) могут быть также определены как технологии, предназначенные для обработки информации, продуктом которых является информация. Современные ИТ предлагается называть высокими информационными технологиями с целью их отличия от ранее существовавших ИТ. Высокие ИТ базируются на использовании современной вычислительной техники и телекоммуникаций.

Основу высоких ИТ составляет вычислительная техника, так как сегодня она используется во всех технологиях обработки информации.

Высокие ИТ одной из главных целей имеют увеличение степени автоматизации всех процессов создания, обработки и трансляции информации, т.е. другими словами, они нацелены на исключение человека из всех технологических цепочек обработки информации. Функционирование современных программируемых вычислительных средств автоматизировано настолько, что уже не человек определяет, по какой программе им действовать, а они сами «задают» ему программу действий.

Очевидно, что скоро станет возможной автоматизация творческих сторон деятельности человека. Нейрокомпьютеры могут стать универсальным средством для выполнения в реальном времени и в реальной окружающей среде многих интеллектуальных функций, вытесняя, таким образом человека и из сферы постановки задач.

Сфера применения информационных технологий постоянно расширялась. Они приобретают все более массовый характер, становясь не только более удобными и понятными в эксплуатации, но и более доступными по цене. Для ИТ характерно нарастание процессов конвергенции, что вызывает к жизни новые инфраструктуры, коммерческие предприятия, модели и концепции бизнеса, новые ожидания и потребности, новый образ и стиль жизни.

Информационные технологии обладают интегрирующим свойством по отношению как к научному знанию в целом, так и ко всем остальным технологиям, способствует рационализации и автоматизации большинства видов деятельности. Они оказали огромное влияние на структурную перестройку экономики, в первую очередь в

сторону увеличения ее наукоемкости и стирания границ между ранее автономными отраслями.

Для получения максимального эффекта, внедрению ИТ должна предшествовать коренная перестройка всей системы управления, как небольшой фирмы, так и крупных корпораций или государства. Специалисты в области ИТ сегодня начинают играть значимую, а иногда и ведущую, роль не только в конструировании бизнеса, но в конструировании других сфер управления (например, в политике).

Если первоначальные идеи об информационном обществе имели скорее характер футурологических прогнозов, то в ходе совершенствования электронной техники и цифровых технологий, большинство из предсказанных теоретиками событий обрели свое реальное воплощение, выразившееся в бурном развитии средств массовой коммуникации, в особенности телевидения, в создании и широком распространении персональных компьютеров, сетей сотовой связи, в построении глобальных информационных сетей, в разработке технологий виртуальной реальности и других технологических инновациях. В своей совокупности, эти достижения коренным образом изменили жизнь общества, усложнив и трансформировав мир так, что осмыслить его в рамках традиционных подходов стало довольно затруднительно.

В развитии информационных технологий произошел качественный прорыв, связанный с активным распространении новых форм передачи и восприятия данных, получивших название «технологии виртуальной реальности». Если первоначально данный эпитет относился главным образом к области информатики и компьютерной техники, то в последнее время он получил распространение в качестве понятия, характеризующего информационную деятельность вообще, в результате чего проблема, касающаяся распространения виртуальных технологий, вышла за рамки специальных наук. «Виртуальная реальность», лавинообразно охватывая все новые и новые сферы, становится своего рода символом действительности информационного общества.

Компьютерные и сетевые технологии позволяют вести речь о создании особого виртуального мира – киберпространства, в котором реализуется эффект полного присутствия путем сочетания графической динамики с возможностью непосредственного воздействия на события. Киберпространство – это специфическая сфера информации, являющая собой по сути альтернативу материальному миру. В связи с этим выделяется проблема субъективности в электронную эру, заключающаяся в слиянии субъекта и симулякра (копия, псевдовещь), т.е. обращении субъекта в собственный симулякр, при котором физически, телесно оставаясь в действительном мире, он ментально переходит в мир виртуальный, пространство симулякров, где наделяется новым, виртуальным телом, не имеющем ничего общего с его телесностью.

Инновационный взрыв в сфере информационных технологий стал ядром и основой современной «новой экономики». Благодаря ИТ изменился способ передачи информации от производителя к потребителю. Каналы передачи информации стали двухсторонними, часто интерактивными, а информация превратилась в важную составляющую часть товаров и услуг. ИТ сегодня выступают основой процессов глобализации и информатизации общества, способствуют формированию поликультурного мира и клип-культуры, оказывают значительное влияние на изменение образа жизни современных людей.

В марте 2007 г. журнал «Technical Review", который издает Массачусетский технологический институт, назвал 10 наиболее перспективных технологий будущего. Научные консультанты «Technical Review » отобрали самые передовые, по-настоящему революционные разработки, которые уже в ближайшем будущем могут оказать наибольшее влияние на человеческое общество. Исследования делятся на два основных блока: один посвящен изучению человека, а второй направлен на усовершенствование техники и коммуникационных каналов. К ним отнесены:

1. Технология «сравнительного взаимодействия».
2. Наномедицина.

3. Эпигенетика.
4. «Когнитивное радио»
5. «Ядерное перепрограммирование».
6 «Тензорная диффузионная церебрография».
7. «Универсальный идентификатор».
8. «Нанобиомеханика»
9. «Беспроводная Вселенная».
10. «Растягиваемый кремний».

Технология «сравнительного взаимодействия» (comparative interactomics). Суть идеи — досконально исследовать, каким образом различные составляющие клеток организма взаимодействуют друг с другом. Теперь предметом интереса ученых стала даже не клетка, а лишь некоторые ее части. Технология «сравнительного взаимодействия» занимается изучением связей между частями клетки. В будущем, с помощью полученных знаний, будет возможно восстанавливать эти связи искусственным путем. Это предотвратит гибель клетки и может продлить жизнь человека.

«Наномедицина» (nanomedicine) — теоретически позволяет доставлять лекарственные средства непосредственно в больную клетку. Одно из наиболее перспективных направлений. Ожидается создание нанороботов, которые способны лечить человека изнутри. Размер этих роботов всего несколько микронов и они перемещаются внутри организма по кровеносным сосудам. Основная задача нанороботов – доставлять лекарства прямо в больные клетки. Крошка-робот запускается в организм, находит зараженные клетки и лечит их. Уникальность этого метода в том, что лекарство не попадает в здоровые клетки, которым оно не нужно.

«Эпигенетика» (epigenetics) – новейшая отрасль генетики, которая уже применяется в медицинской диагностике. С помощью эпигенетики можно выявлять онкологические заболевания на самых ранних стадиях. Что, бесспорно, поможет в борьбе с ними. Под эпигенетикой понимают раздел молекулярной биологии, изучающий наследование функций гена, не связанных с первичной структурой ДНК. При этом подходе ДНК рассматривается более детально, чем набор последовательно соединенных в цепь нуклеотидов четырех видов (по азотистым основаниям — аденин, гуанин, цитозин и тимин). Эпигенетики, к примеру, с помощью методов молекулярной биологии пытаются понять, почему организмы с одним и тем же набором генов бывают совершенно непохожи друг на друга. Или что заставляет нас стареть, если «гена старости», судя по всему, не существует. Поле для практического применения эпигенетики широчайшее — от клонирования до ранней диагностики онкологических заболеваний.

«Когнитивное радио» (cognitive radio). Будущее — за радио без помех. Чтобы все сотовые телефоны, компьютеры, подключенные к беспроводному Интернету, радиостанции и т.д. могли работать успешно и не мешать друг другу, следует использовать весь радиодиапазон, а, кроме того, «обучить» электронные устройства анализировать ситуацию и выбирать наиболее подходящий способ и протокол связи.

«Ядерное перепрограммирование» (nuclear reprogramming). Позволяет перепрограммировать хромосомы стволовой клетки, физически сливая их с поврежденными клетками. Умирающий из-за повреждения ДНК нейрон может быть спасен, если его физически соединить со стволовой клеткой. Стволовая клетка приносит с собой «свежие» хромосомы», которые программируются цитоплазмой нейрона.

«Тензорная диффузионная церебрография» (diffusion tensor imaging). Позволяет получать более точное изображение мозговых тканей. В отличие от технологий, применяющихся сейчас, изображение получается объемным и даже отображает движение

молекул воды. Эта технология сканирования головного мозга обеспечивает диагностику тяжелых заболеваний, таких, как шизофрения, болезнь Альцгеймера и пр.

«Универсальный идентификатор» (universal Authentication) Позволяет уберечь пользователей Интернета от разглашения личной информации.

«Нанобиомеханика» (nanobiomechanics). Нанобиомеханика занимается сложнейшим конструированием биохимических комплексов, которые придадут совершенно особые свойства уже известным материалам. Например, можно кардинально менять свойства металла. Если, с помощью нанотехнологий, атомы металла, который хорошо проводит ток, переставить местами, то этот же металл перестанет быть проводником.

«Беспроводная Вселенная» (pervasive Wireless) потенциально позволит различным электронным устройствам «общаться» друг с другом : например, электронный «мозг» одного автомобиля сможет связываться с «мозгом» другого и предотвращать возможную аварию.

«Растягиваемый кремний» (stretchable silicon). Современная электроника основана на использовании кремния. Новая технология ставит перед собой задачу создать новые виды и формы этого вещества, что позволит произвести революцию в информационных технологиях. Этот кремний обладает волнистой структурой в микронных масштабах, и может использоваться для создания высокоэффективных электронных устройств на эластичных подложках. Растягивающийся кремний обладает возможностями отличными от стандартного, то есть того, который применяется в электронных чипах. Изгибающиеся и растягивающиеся электронные схемы могут использоваться в таких устройствах, как сенсоры и управляющая электроника для искусственных мускулов, для вживления в биологические ткани, структурные мониторы, обернутые вокруг крыльев летательных аппаратов, «кожа» для роботов и многих других.

Эти технологии на данный момент находятся лишь в зачаточном состоянии и не скоро еще достигнут предельной мощи. По мнению ученых, мы находимся на пороге технологической революции, сравнимой с изобретением паровой машины.

Парадокс современной цивилизации

Парадокс, который определяет нашу сегодняшнюю жизнь и, вероятно, будущее цивилизации — неравномерное развитие наук — скачок технической цивилизации и медленное движение большинства гуманитарных наук, предметом которых является поведение людей[1,3,13,21].

Сложилась необычная, не встречавшаяся ранее ситуация: мы теперь можем себя уничтожить (и чем дальше, тем всё легче), а мирно улаживать конфликты не умеем. Или точнее: не всегда умеем. Старые, силовые способы разрешения противоречий между человеческими сообществами мало менялись в течение многих сотен лет и сейчас стали не адекватны имеющимся в наших руках средствам разрушения. Несовершенство нашего поведения и мозга легко проследить на многочисленных исторических примерах краха правителей, начинающих войны в полной уверенности в своей победе. И если раньше это часто заканчивалось гибелью многих сограждан, а иногда и самих правителей, то теперь неправильные действия управляющих кнопками сверхоружия опасны для всей планеты. Интриги и заговоры во дворцах древнего Египта, средневековой Европы и нынешних кругах власти мало отличаются по сценариям. Руководителям ряда стран и отдельным группам лиц присущи те же амбиции и неправильная оценка реальности. Свыше 40 лет холодной войны мир балансировал, как канатоходец. Противодействующие стороны не раз подходили к опасной черте. Никто не знал заранее, будет или не будет применено ядерное оружие.

Технический прогресс отнюдь не обязательно будет использован в интересах человека. Все зависит от того, в чьих руках находятся технологии. История неопровержимо свидетельствует о том, что едва ли ни все полезные изобретения и научно-технические разработки не только способствуют развитию экономики, но также ставят человечество перед новыми и подчас труднопредсказуемыми опасностями.

В качестве примера, в период вьетнамо-американской войны к первобытному охотничьему племени горных кхмеров попали американские карабины. Освоив новое оружие, туземцы за несколько лет истребили фауну, перестреляли друг друга, а оставшиеся в живых спустились с гор и деградировали.

С развитием науки — физики, механики и других естественных дисциплин какое-то время считалось, что можно точно описать существующий мир и рассчитать его дальнейшее развитие, определить состояние в любой заданный момент времени. Этому, например, способствовали успехи астрономии, предсказывавшей точное время солнечных и лунных затмений. Господствовала концепция детерминизма – определенности, однозначности будущего. Однако исследования показали, что на самом деле все не так просто: сложные, многокомпонентные системы в процессе эволюции часто приходят в состояние нестабильности, хаоса, и их последующее развитие плохо предсказуемо: оно может пойти по одному из многих, заранее не определяемому сценарию. Это относится и к человеческим сообществам, в которых при росте противоречий нарушается установившийся порядок жизни и дальнейший путь зависит от многих, иногда даже, на первый взгляд, не очень существенных факторов. Не зря в обиходе существует понятие Его Величество Случай. В обществе это иногда приводит и к социальному взрыву, и к революции.

Такие моменты, когда система становится нестабильной и может пойти затем по одному из многих путей, называют *бифуркация* — развилка (*bi* — дву и *fork* — вилка, вилы). Под термином бифуркация понимают и момент, период, когда система переходит на новый путь, и поведение сложных систем в то время, когда она далека от равновесия. Эволюция сложных систем – это последовательность бифуркаций, и в каждой из них существует несколько вариантов пути, несколько ветвей, траекторий. На рис. 3 схематично показана эволюция сложной системы. По горизонтальной оси отложено время, по вертикальной n – характерный параметр, определяющий состояние системы, например, для цивилизации — численность населения планеты. Возможны различные траектории, но только одна из них будет осуществлена. Выбор ветви, пути определяется малыми флуктуациями (изменениями). Как мы видим, есть участки, периоды между бифуркациями, когда развитие идет по однозначному пути; на ограниченное время можно сделать прогноз – существует горизонт предсказуемости.

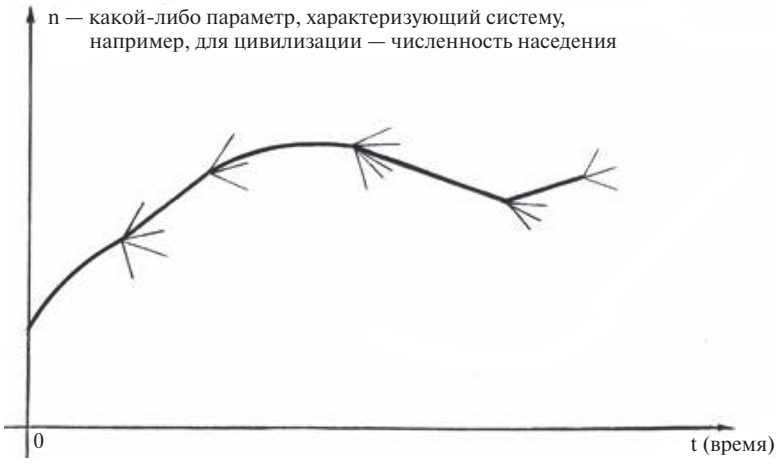


Рис. 3. Эволюция сложной системы

Глава 2.
Высокие технологии и эволюция человека

2.1. Воздействие высоких технологий на человека

Возрастающая зависимость человека от высоких технологий обостряет проблему идентичности человека, которая приобретает тотальный характер и ряд совершенно новых черт[1,13,16,21,33].

Один из главных аспектов этой проблемы – воздействие Hi-Tech на человеческую телесность. Человеческое существо теперь может быть не только сконструировано, но и реконструировано. Собственные процессы тела могут быть перепрограммированы на достижение нужных результатов. Телесность человека в результате автономизации микроэлементов стала пониматься не как непрерывная оболочка, а как некая дискретность (разъемность органов, замещение генов, гендерный обмен). Предполагается, что нанотехнологии будут менять человеческое тело так, как потребуется, человек превратится в совершенно новое, технологически саморазвивающееся существо – Нано сапиенс, а тело человека будущего – Primo Posthuman – будет проектироваться как машина и будет сохранять внешний вид человека только в эстетических целях или в целях познавательной ассоциации.

Власть машины разлагает целостный человеческий образ (Н. Бердяев), человек превращается в часть машины, становится одним из видов сырья, подлежащего целенаправленной обработке и уже не может освободиться от воздействия созданной им техники (К. Ясперс). С появлением Hi-Tech начала размываться граница между человеком и машиной, между телом и технологией.

Проблема идентичности человека отнюдь не сводится только к проблеме идентичности тела, собственной телесности, но затрагивает и социальное самоопределение, и духовные аспекты. Опасным давлениям подвергается психика современного человека: 1) идет массированное плохоупорядоченное информационное воздействие со стороны современных средств массовой информации и коммуникации; 2) значительно убыстряются ритмы и темпы жизни; 3) погружение в виртуальную реальность компьютерных игр и глобальной сети чревато новыми видами заболеваний и зависимостей (игромания, Интернет-зависимость и др.), ведет к специфическим проявлениям усталости центральной нервной системы и нервному истощению.

Высокие технологии способствуют разрушению целостности внутреннего мира человека, его ценностных ориентаций и т.п. Современному человеку, существующему в глобализируемом поликультурном мире и клип-культуре, все труднее ориентироваться в событиях, которые происходят как в его непосредственном окружении, так и в обществе в целом. Ему все труднее выявлять базовые закономерности развития своего мира, предвидеть последствия своих действий и прогнозировать свое развитие. Усиливаются ощущения заброшенности и потерянности в этом мире. Поиски смысла жизни выглядят безнадежными, построение понятной модели окружающего мира трудноосуществимым.

Научно-технический прогресс во все большей мере концентрируется на человеке. Современные технологии — это чаще всего технологии, непосредственно воз-

действующие на человека; при этом он выступает в качестве объекта направленных на него воздействий, либо технологии, во взаимодействии с которыми он выступает в качестве активного субъекта. Существенно, что в обоих случаях технологии ориентированы на человека как массового потребителя.

Хорошо известно, что изменяя мир вокруг себя, человек одновременно — пусть чаще всего и непреднамеренно — изменяет и самого себя.

Бытие человека в современном мире во все большей мере опосредуется современными технологиями, то есть выступает как бытие в мире, формируемом теми технологиями, которые воздействуют на него и с которыми он взаимодействует.

Тем самым неизмеримо расширяется горизонт возможностей, доступных человеку. И наиболее показательны в этом смысле именно биомедицинские и информационные технологии. Первые нацелены сегодня не только на то, чтобы побеждать все большее число заболеваний и продлевать человеческую жизнь, но и на обеспечение такого ее качества, которое представлялось бы, по крайней мере, приемлемым тому, кто ее проживает. Вторые позволяют усиливать способности человека, относящиеся к восприятию окружающего мира, интеллектуальной деятельности, освоению (виртуальному) пространства и времени и т. д.

Новые технологии, даже если они создаются с самыми благими и гуманными целями, несут с собой и немало рискованного и даже опасного. В современном обществе чрезвычайно актуальной становится деятельность, направленная на выявление, предупреждение и минимизацию такого рода негативных эффектов; важно, чтобы такая деятельность — ее можно назвать гуманитарной экспертизой — носила систематический и технологически проработанный характер.

Негативные эффекты и опасности, связанные с новыми технологиями, весьма многообразны, и в первом приближении, можно выделить различные группы таких эффектов и опасностей.

1. Доступность новых технологий для широкого потребителя, как уже говорилось, порождает новые проблемы в области социальной справедливости. Новые социальные барьеры возникают, например, в связи с доступностью электронных средств связи и информации или новых эффективных медицинских технологий.

2. Новые технологии неизмеримо усиливают могущество человека, причем далеко не всегда этот рост могущества сопровождается соответствующим ростом осмотрительности и осторожности.

3. Нередко новые технологии (прежде всего — информационные) используются в целях манипулирования человеком.

4. Особые проблемы и опасения связываются сегодня с перспективами применения новых технологий для модификации, вплоть до самой радикальной, человека (создание сверх-, пост— или трансчеловека).

Благодаря своей «родовой» способности к исследованию и преобразованию мира человек добился небывалой технической мощи. Одновременно со всей очевидностью выявилась его непреодолимая зависимость от созданной им техники. Согласно метафоре немецкого социолога и философа Э. Фромма (1900-1980), «мы превратили машину в бога и, служа машине, стали подобны богу». Но сегодня мы видим, что всемогущество человека все чаще оборачивается бессилием перед лицом неконтролируемых эффектов и последствий в технизированном мире.

Проблема сохранения личности приобретает в современном мире еще одно, совершенно новое измерение. Впервые в истории человечества возникает реальная опасность разрушения той биогенетической основы, которая является предпосылкой индивидуального бытия человека и формирования его как личности, основы, с которой в процессе социализации соединяются разнообразные программы социального поведения и ценностные ориентации, хранящиеся и вырабатываемые в культуре.

Речь идет об угрозе существования человеческой телесности, которая является результатом миллионов лет биоэволюции и которую начинает активно деформировать современный техногенный мир. Этот мир требует включения человека во все

возрастающее многообразие социальных структур, что сопряжено с гигантскими нагрузками на психику, стрессами, разрушающими его здоровье.

Цивилизация значительно продлила срок человеческой жизни, развила медицину, позволяющую лечить многие болезни, но вместе с тем она устранила действие естественного отбора, который на заре становления человечества вычеркивал носителей генетических ошибок из цепи сменяющихся поколений.

С ростом мутагенных факторов в современных условиях биологического воспроизводства человека возникает опасность резкого ухудшения генофонда человечества.

Выход многие ученые видят в перспективах генной инженерии. Проблемы совершенствования человечества в настоящее время приобретают особенно острый характер в связи с теми достижениями, которые были получены в результате научно-технологического прогресса. Современные высокие технологии уже не просто делают жизнь человека более комфортной, но непосредственно преобразуют всю его жизнь и его самого. Новейшие достижения в области биотехнологии потенциально позволяют менять саму биологическую основу человека, а это означает переход человечества на качественно новую ступень в его развитии.

На протяжении всей своей истории человек мог лишь очень ограниченно вмешиваться в свой собственный организм. Искусственные зубы, протезы конечностей и некоторые другие общеизвестные достижения в этой области — вот в принципе и всё, что столетиями мог позволить себе человек. Теперь же, в результате прогресса науки и успехов биотехнологии, человек получает принципиально новые возможности — способность целенаправленно и как угодно преобразовывать свой организм — вводить в него любые новые органы, приобретать любые новые способности и т.д.

Успех в этом отношении является не только научно-технологическим успехом, это — настоящий прорыв в потенциальной возможности социального переустройства человечества. Это станет возможным в результате преобразования Homo sapies'а в Человека биотехнологического, а современного общества — в Биообщество.

Выясняя «генетическую карту» Homo sapiens, исследователи установят расположение на ней «генов зла», «генов насилия» и многих других генов, которые так тяготят современное общество. Удалить эти гены из генома человека, снабдить его новыми полезными генами, создать новый совершенный геном — вот задача биотехнологии. В результате будет создан новый человек — совершенный как физически, так и нравственно. Нравственное общество будет результатом создания нравственного человека. Нравственный человек будет создан не в результате воспитания или перевоспитания, а в результате создания нового совершенного генома. Гармоничный во всех отношениях новый человек явит миру гармоничное во всех отношениях общество.

Убрать зловещий генетический груз, вырезать «звериные гены», очистить человека от его тёмной стороны — вот задача, решение которой потенциально стало доступно благодаря успехам биотехнологии. Не насиловать несчастного Homo sapiens, не разрывать его между звериным прошлым и человечным будущим, а преобразовать его геном — убрать звериное и дать человечное. Homo sapiens уйдёт в прошлое, даст начало новому человеку — Человеку биотехнологическому. Таков общий подход к совершествованию человека.

Но здесь нас подстерегают новые опасности. Если дать возможность вмешиваться в генетический код человека, изменять его, то этот путь ведет не только к позитивным результатам лечения ряда наследственных болезней, но и открывает опасные перспективы перестройки самих основ человеческой телесности. Возникает соблазн «планомерного» генетического совершенствования природой созданного «антропологического материала», приспосабливая его ко все новым социальным нагрузкам. Здесь становятся недопустимы никакие ошибки — исправить их окажется весьма сложно, а в некоторых случаях и вообще невозможно.

Достижения научно-технического прогресса дадут в руки человечества могучие средства, позволяющие воздействовать на глубинные генетические структуры, управляющие воспроизводством человеческого тела.

Перспективы генетической перестройки человеческой телесности сопрягаются с не менее опасными перспективами манипуляций над психикой человека, путем воздействия на его мозг. Современные исследования мозга обнаруживают структуры, воздействия на которые могут порождать галлюцинации, вызывать отчетливые картины прошлого, которые переживаются как настоящие, изменять эмоциональные состояния человека и т.п. И уже появились добровольцы, применяющие на практике методику многих экспериментов в этой области: вживляют, например, в мозг десятки электродов, которые позволяют слабым электрическим раздражением вызывать необычные психические состояния, устранять сонливость, получать ощущения бодрости и т.п.

Усиливающиеся психические нагрузки, с которыми все больше сталкивается человек в современном техногенном мире, вызывают накопление отрицательных эмоций и часто стимулируют применение искусственных средств снятия напряжения. В этих условиях возникают опасности распространения как традиционных (транквилизаторы, наркотики), так и новых средств манипуляции психикой. А вмешательство в человеческую телесность и особенно попытки целенаправленного изменения сферы эмоций и генетических оснований человека, даже при самом жестком контроля и слабых изменениях, могут привести к непредсказуемым последствиям.

2.2. Высокие технологии и антропная материя

Важнейшее отличие нового витка глобальной эволюции Homo sapies'a – максимально полное использование знаний о фундаментальных первоосновах неживой, живой и антропной материи. Знания об антропной материи – это знания о геноме человека, его телесности, его нейро-системе, сложнейшего комплекса взаимодействий его сенсорных каналов (зрительного, слухового, тактильного и прочих), разнообразных способов обработки информации[13,17,21,31,36,38,48,50,54].

Входя в новый эволюционный режим, человечество покидает ту онтологию, ту реальность, которая формировалась как бы «самотеком» в ходе всей предшествующей глобальной эволюции Homo sapiens'a. Оно становится творцом и пользователем высоких технологий. Наращивая свое научно-технологическое могущество, человечество распространяет свою проектирующую, конструирующую, контролирующую деятельность не только на макромир, но и на наномир, т.е. мир атомарно-молекулярных структур живой и неживой материи. Благодаря такой научно-технологической экспансии будущее человечества предстает как суррогатная онтология, т.е. как бытие, которое творится человеком, орудующим все более могущественными наукоемкими технологиями. В XXI веке забота об этой суррогатной онтологии осмысливается как забота человечества о себе.

Индустрия наукоемких технологий XXI века настолько удешевила практику преобразования индивидуального и коллективного сознания, что она стала общедоступной и вездесущей. Технологии, с помощью которых стали осуществляться всевозможные изменения живого человеческого сознания получили название high-hume.

Первоначально оппозиция «*high-tech – high-hume*» выглядела как жесткая дихотомия, исключающая их взаимопревращения друг в друга. Однако все ускоряющаяся гонка в сфере биоинформационной, геномной и наноинженерии размыли жесткую границу между двумя упомянутыми категориями технологий. В итоге на месте былой дихотомии «*high-tech – high-hume*» образовался могущественный симбиоз, который интегрировал в себя практически все технологии. Все эти процессы породили условия для научно-технологического прорыва в новую реальность.

Наноинженерийные, геномные, наномедицинские, информационно-медийные технологии, а также технологии нейро-чипов, виртуальной реальности и искусственного интеллекта пока не стали базовыми для планетарного социума, т.е. такими, с помощью которых он самовоспроизводит свою тотальность в мире. Однако ведущие социальные эксперты утверждают, что таковыми они станут уже в ближайшие несколько десятилетий. К 2050 году, утверждает Р. Курцвейл, появится нейро-импланты, которые позволят людям непосредственно подключать к своему мозгу различные устройства (дополнительную память, обучающие программы, средства, позволяющие видеть другие области спектра). С их помощью люди смогут не только расширять свои знания и восприятие мира, но переводить свою личность в электронную форму. И как только технологии нейро-имплантантов станут повседневной реальностью, темпоритм эволюции планетарного социума приобретет такое ускорение, какого еще не знала вся предшествующая эволюция Homo sapiens'а.

Под нарастающим прессингом практики применения базовых технологий XXI века материально-пространственная среда, в которой эволюционирует наш мегасоциум, будет изменяться с невиданным прежде ускорением. Практика применения новых технологий подвергнет глубоким изменениям геном человека, его телесность, его нейро-систему, его интеллект, его этико-онтологическое отношение к своему собственному бытию, к природе, к грядущей судьбе мегасоциума. Этот прогнозируемый экспертами лавиноподобный процесс преобразований человеческого бытия в мире сегодня именуется различными терминами: «прорыв в новую реальность», «вхождение в технологическую сингулярность», «гуманитарная революция».

Глобальное преображение мегасоциума, инициируемое взрывным развитием хайтек-индустрии, – интегральное следствие нынешнего шквала научных и научно-технологических революций. Началом этого события по праву считается происходящий ныне апгрейд суммы технологий, с помощью которых наш мегасоциум до сих пор воспроизводил свое бытие во Вселенной.

На наших глазах традиционные технологии мегасоциума уступают место высоким технологиям, которые сегодня именуются такими терминами, как «технологии третьего тысячелетия», «сингулярные технологии», «трансгуманистические технологии», «технологии XXI века».

Социокультурная действительность, порождаемая практикой использования этих новых технологий, будет кардинально отличаться от той реальности, в которую погружена жизнь каждого из нас и частицей которой она является. Для инициаторов этой практики становятся технологически осуществимыми такие рискогенные действия, как:

- неконтролируемое изменение глобального метаболизма (от греч. μεταβολη, «изменение, превращение») антропосферы;
- трансгенез, т.е. модификация геномов любых живых существ планеты (включая и геном самого человека);
- глобальные преобразования информационно-медийной среды и планетарного коммуникативного праксиса (от греч. *praxis* – действие);
- целенаправленные изменения генетической, антропологической, социокультурной идентичности человека;
- весьма рискованные деконструкции хронотопа (дословно «время-пространство»), в котором эволюционирует антропность (бытие человека);
- ускорение темпов глобальной эволюции Homo sapiens'а;
- неконтролируемые воздействия на глобальный процесс формирования грядущей участи человека в мире.

Антропогенные действия подобного рода, осуществляемые творцами и пользователями технологий третьего тысячелетия, порождают реальность, которая оказывает на наше бытие амбивалентное (двойственное) воздействие. Порождая не только невиданные прежде блага, но и глобальные негативные угрозы человеческому бытию, эти действия своими последствиями тревожат не только гуманитариев, но

и сообщество постиндустриальных, не в меру оцифрованных творцов технических наук. Собственно поэтому сумма технологий нового тысячелетия, с помощью которых осуществляется глобальное преображение нашей действительности, оказывается ныне в горниле самых острых социально-философских дискуссий. В центре таких дискуссий стоят следующие проблемы:

- к какому эволюционному состоянию мчит нас сегодня экспресс технологий третьего тысячелетия?;
- что именно сделает субъект, орудующий столь могущественными технологиями, с планетой Земля, ее биосферой, планетарным социумом?;
- каким образом практика использования высоких технологий изменит пространство геномов всех живых существ планеты?;
- каким преобразованиям человек подвергнет свой собственный геномом, телесность, нейро-систему, интеллект?;
- каким образом эта практика изменит генетическую антропологическую, социокультурную идентичность человека, его положение в мире?;
- действительно ли грядущая гуманитарная революция осуществит беспрецедентный скачек в глобальной эволюции Homo sapiens'a, в ходе которого нынешний человек уступит место постчеловеку.

Традиционные технологии потому сохраняют неразрушенной оппозицию «атом – макровещество», что манипулируют не наночастицами (т.е. не отдельными атомами), а такими атомарными массивами, каждый из которых состоит из громадного числа атомов. Традиционные технологии не раздробляют атомы в наночастицы и не осуществляют сборку атомарных структур из наночастиц. Преобразуя макровещество, традиционные технологии не разрушают природные атомы и атомарные структуры. Тем более они не способны создавать искусственные, синтетические, суррогатные атомы, т.е. такие атомы, которых нет в природе. Всем этим и объясняется тот факт, что традиционные технологии эффективны лишь на том уровне, который располагается выше атомарного уровня.

Пользователь традиционных технологий способен преобразовать кремень в наконечник копья, почву в пашню, дерево в древесные изделия, металл в трактор, пластмассу в корпус компьютера и т.д. Но то, что делают, скажем, рибосомы, хромосомы или молекулы ДНК, он делать не может. Рибосома – это аналог наноразмерного робота-сборщика, который способен из атомарных структур производить различные белки (т.е. макровещества), из которых состоят организмы живых существ нашей планеты. Несмотря на свои ничтожные наноразмеры, рибосома способна построить практически любой белок, последовательно соединяя аминокислоты (т.е. составные части белков) в определенном порядке. Рибосомы, функционирующие в каждой биологической клетке – это наглядный пример того, как сама природа использует нанотехнолгии в процессе производства макровеществ окружающего мира. В сравнении с рибосомой биоклетка – это уже целый ансамбль роботов-сборщиков, т.е. своеобразная «нанофабрика» по производству макровеществ.

Если бы человек с помощью нанотехнологий мог бы делать все то, что делают рибосомы, то он оказался бы способным осуществлять атомно-молекулярную сборку любых макровеществ, необходимых человечеству. Образно говоря, он был бы в состоянии, разложив на атомы окружающую грязь и атмосферу, производить из таких атомов любые жизненно важные вещества и материалы – пищевые, фармакологические, композитные и т.д.

Ценность нанотехнологий как раз и состоит в том, что они позволяют их пользователю искусственно осуществлять то производство макровеществ, которое осуществляют рибосомы. Нанотехнологии в синтезе с другими базовыми технологиями XXI века уже сегодня позволяют человеку создавать искусственные атомы, атомарные структуры, программировать материю на атомарном уровне, осуществлять атомно-молекулярную сборку самых разных веществ. Такие технологии спо-

собны изменять по воле человека физические свойства вещества на уровне атомов, атомарных структур и простейших молекул, т.е. на уровне объектов и процессов, соразмерных нанометру.

Нанотехнологии с самого начала нацелены на создание (конструирование, производство) различных типов суррогатной материи. Примерами таких типов материи могут служить квантовые точки (фрагмент проводника или полупроводника, ограниченный по всем трём пространственным измерениям и содержащий электроны проводимости. Точка должна быть настолько малой, чтобы были существенны квантовые эффекты.), квантовые решетки, квантовые проволоки, нанотрубки т.п. Природа не создает такого рода материальные структуры. Поэтому названные структуры оцениваются как искусственные, синтетические, суррогатные. Они называются так не только потому, что сотворены человеком, но и потому, что человек может программировать их свойства, взаимодействия, поведение.

Приборы, сконструированные из суррогатных атомов, позволяют человеку устанавливать над синтетической материей надежный и эффективный контроль. А это значит, что человек, создающий с помощью нанотехнологий синтетическую материю, обретает возможность управлять структурами и процессами наномира и по своему усмотрению изменять их свойства.

Природный атом, как известно, – это облако электронов, запертое в микроскопическом объеме. Искусственный атом – это тоже облако электронов, запертое в микроскопическом объеме. Но в природном атоме упомянутое электронное облако удерживается в микрообъеме не человеком, а ядром. Это облако удерживает в микрообъеме сама природа, создавшая ядро с его электромагнитным полем. Такое удержание природа осуществляла задолго до возникновения человека. В искусственном же атоме ядра нет. Облако электронов здесь удерживается не кулоновским полем ядра, а физическими полями, специально созданными человеком. Но в отличие от природы, наноинженер не только удерживает такими полями электронное облако, но и варьируя характеристики этих полей, он как бы отдает команды электронному облаку, команды, закодированные с помощью электромагнитных волн. Электронные облака наномира (т.е. искусственные атомы и атомарные структуры), принимая человеческие команды, изменяют свои природные качества и поведение. Каждая нанотехнология – это некоторый способ отдавать наноструктурам упомянутые команды, приказы, директивы человека. В будущем такие команды будут отдаваться с помощью нанокомпьютеров. Именно поэтому нанокомпьютеры и технологии искусственного суперинтеллекта также будут приобретать фундаментальную роль в практике технологического изменения природных свойств структур атомарного масштаба.

Ясно также, почему человек, орудующий технологиями нового века, по своему усмотрению может изменять физические свойства и поведение атомарных структур. Распоряжаясь информацией, «зашитой» в наноструктурах, совершенствуя способы передачи информационных команд наносистемам, человек устанавливает все более могущественную власть над миром наносистем. Такая власть позволяет человеку с помощью нанотехнологий управлять, манипулировать, программировать конструируемые им искусственные атомы, из которых впоследствии он создает различные типы суррогатной материи с заказанными свойствами.

2.3. Проблема антропогенной сингулярности

Все расширяющаяся практика производства и использования технологий третьего тысячелетия, не может быть адекватно описана с помощью нынешних мировоззренческих понятий о мире, о человеке, о планетарном социуме, о глобальной эволюции Homo sapiens'а. Именно поэтому эта ситуация (по аналогии с космологи-

ческой сингулярностью) обозначается такими терминами, как *«антропогенная сингулярность», «научно-технологическая сингулярность», «социальная сингулярность»*.

Все эти термины обозначают одно и то же эволюционное состояние мегасоциума, к которому его мчит нынешняя гонка в сфере технологий третьего тысячелетия. Поскольку практика использования таких технологий приближает наш мегасоциум к состоянию сингулярности, в котором возможен эволюционный скачек *«человек → постчеловек»*, постольку в современной литературе эти новые технологии все чаще именуются такими терминами, как «сингулярные технологии», «трансгуманные технологии», «трансчеловеческие технологии»[18,21,31,38,48,54].

Сингулярность – гипотетическая точка во времени в районе 2030 года, когда ряд прогностических кривых уходят в бесконечность. Связывается с крайне быстрым ростом технического прогресса, особенно компьютеров, нано и био технологий, исследований мозга и систем ИИ и предполагает качественное изменение человечества. Термин введён в употребление Вернором Винджем в 1993 году.

По мнению ведущих социальных экспертов, названные технологии превратят XXI век в век тектонических трансформаций планетарного социума. А это значит, что практика использования сингулярных технологий неизбежно окажется главным источником тревог нашего века. Это произойдет, прежде всего потому, что самый вероятный вариант будущего, к которому указанная практика мчит наш социум, – это состояние сингулярности.

Глобализирующаяся практика использования высоких технологий XXI века буквально на наших глазах превращает человеческое бытие (во всей его тотальности) в объект все более дерзких и крайне рискованных манипуляций. Бытие геномов, телесности человека, его нейро-системы, его интеллекта постепенно превращается в своеобразный «полуфабрикат», который производится био-геномо-психо-социо-инженерингом по заказу рыночной экономики.

Проблема научно-технологической сингулярности, таким образом, – это отнюдь не узко-техническая проблема, а самая животрепещущая социально-мировоззренческая проблема гуманитарии XXI века. В ней выражена всеобщая озабоченность интеллектуалов, философов, социальных аналитиков грядущей участью бытия человека в мире, который формируется под нарастающим прессингом научно-технологического активизма.

Одним из первых эту проблему сформулировал американский математик Джон фон Нейман (1903–1957). В 1950 году он заявил, что экспоненциальное ускорение научно-технического прогресса, порождающего масштабные перемены в жизни людей, возбуждают ощущение приближения некоторой роковой сингулярности, т.е. особого состояния в истории земной расы. Слово «сингулярность» у Неймана означало столь стремительное изменение условий человеческого существования, что адаптация людей к таким быстро изменяющимся условиям оказывается под вопросом. Иначе говоря, сингулярность здесь ассоциировалась с грядущим сломом нынешнего темпоритма эволюции человечества, который сформировался в предшествующие тысячелетия. Собственно поэтому надвигающаяся сингулярность не могла не вызвать у гуманитариев тревогу за грядущую участь человечества.

Спустя сорок лет после Неймана, идея «будущего как сингулярности» получила несколько иную трактовку. В исследованиях американского ученого Вернора Винджа и его последователей она предстала как следствие научно-технического прогресса не во всей его тотальности, а как продукт осуществления мегапроекта «Искусственный суперинтеллект».

После того, как «искусственный суперинтеллект» превзойдет могущество естественного человеческого разума (а это, по мнению ведущих экспертов нашего времени, произойдет в ближайшие десятилетия), развитие планетарной цивилизации может осуществляться согласно следующим эволюционным сценариям.

Первый сценарий: Создание все более могущественных носителей искусственно-

го суперинтеллекта (т.е. постлюдей), интеллектуальные способности которых будут гигантски превосходить способности человека.

Второй сценарий: Поступательное совершенствование ткани планетарных компьютерно-информационно-медийных сетей, которая в интеграции с ее пользователями в какой-то момент может осознать себя как эволюционирующее сверхразумное существо.

Третий сценарий: Совершенствование машинно-человеческого интерфейса, который обеспечит настолько тесное взаимодействие биологического организма и компьютеров, что возможности пользователей вполне обоснованно будут считаться сверхчеловеческими.

Четвертый сценарий: Использование новейших достижений генетики, наноэлектроники, наноинформатики, квантового компьютинга, которые уже сегодня создают средства для прогрессирующего улучшения естественного человеческого интеллекта.

Эволюция планетарного мегасоциума согласно любому из названных выше сценариев неотвратимо ввергает его в состояние сингулярности, т.е. состояние постмодернистского апгрейда (модернизация) всех его измерений. По мере приближения мегасоциума к этому состоянию, он поступательно трансформируется в «социум знания». Его фундаментальная наука, развиваемая с помощью технологий нового века, превращается в индустрию, производящую самое опасное оружие тотального разрушения живой и неживой материи. Таковым оружием апокалипсической силы становятся научные знания о фундаментальных первоосновах живой и неживой материи. В этих условиях проблема социального статуса знания становится одной из самых злободневных.

Человек, орудующий все более могущественной хайтек-индустрией, базирующейся на знаниях о фундаментальных первоосновах живой и неживой материи, способен превратить неживую, живую и социальную материю в объект научно-технологической практики. Осуществляя над ней современные технологические манипуляции, он превращает самого себя в нано-био-инфо-социо-инженера, который не испытывает благоговения перед бытием живой и неживой материей. Для такого инженера человеческое бытие (как и бытие любого иного биологического вида) – это всего лишь «материал», подлежащий технологическим преобразованиям.

Превращение же человеческого бытия в объект технологических манипуляций – событие эпохального масштаба. Это событие знаменует собой завершение эпохи естественного «самотека» глобальной эволюции Homo sapiens'а. После него начинается эпоха, в которой научно-технологическая активность человека, все ускоряющаяся гонка в сфере хайтек-индустрии и периодическая смена этико-онтологического отношения человека к своему собственному бытию в мире становятся могущественными факторами антропогенного ускорения глобальной эволюции.

Новейший шквал научно-технологических революций, интегрируя в нерасторжимый симбиоз фундаментальную науку, технику, образование, порождает все более могущественную хайтек-индустрию.

Глобализирующаяся практика заботы человека о своем собственном бытии в мире, осуществляемая с помощью такой хайтек-индустрии, предоставляет ему беспрецедентные возможности для научно-технологического творчества на уровне атомарных структур, т.е. на уровне фундаментальных первооснов живой и неживой материи.

Самый важный прорыв в развитии практики реализации подобного рода мегапроектов – это квантовый инжиниринг, т.е. практика атомно-молекулярной сборки всевозможных нанофабрик по производству синтетической материи с наперед указанными свойствами. Один из творцов квантового инжиниринга – нобелевский лауреат российский физик Жорес Алферов – ввел в научный обиход весьма дерзкую оппозицию метафор:

«материя, созданная Богом» ↔ «материя, сотворенная человеком».

Метафора «материя, созданная Богом», как нетрудно догадаться, здесь означает все типы вещества, которые возникли в ходе естественной глобальной физико-космической эволюции нашей Вселенной. Вторая метафора указанной оппозиции охватывает все разнообразие типов суррогатной материи, возникших благодаря квантовому инжинирингу.

Сама же оппозиция Алферова в метафорической форме выражает убеждение инициаторов квантового инжиниринга в том, что глобальная физико-космическая эволюция далеко не исчерпала все возможности создания всевозможных типов материи. Квантовый и биомолекулярный инжинирингы позволяют человеку существенно обогатить семейство природных типов материи разнообразными типами суррогатной материи, т.е. такими типами, которые конструируются с помощью достижений нанофизики, нанохимии, нанобиологии.

Понятно, что слово «материя» здесь употребляется не как метафизическая категория, а как фундаментальное понятие естествознания. Здесь оно означает «материал, из которого состоят все живые и неживые материальные структуры». После появления нанотехнологий, производящих «программируемую материю», это слово стало обозначать не только «материю, сотворенную Богом», но и «материю, конструируемую человеком», из которой наноинженеры уже сегодня создают все нано-детали, необходимые для сборки компьютеров молекулярных размеров.

Несмотря на свои ничтожные размеры, такие нанокомпьютеры будут обладать не только гигантской памятью, но и огромной производительностью. Они способны взять на себя управление молекулярными роботами-сборщиками, осуществляющими по-атомную сборку любого вещества, необходимого человечеству. Более того, нанокомпьютерам (и технологиям искусственного интеллекта) будущего станет вполне под силу управление целыми нанофабриками, состоящими из огромного ансамбля таких роботов-сборщиков. Планетарная система подобных нанофабрик, осуществляющих атомно-молекулярную сборку веществ, необходимых человечеству (т.е. пищевых продуктов, медицинских препаратов, конструкционных материалов и т.п.) способна полностью вытеснить нынешнюю индустрию, базирующуюся на традиционных технологиях. И после того, как это произойдет, практика использования базовых технологий XXI века кардинально изменит не только отдельные сферы человеческой жизнедеятельности, но и условия планетарного существования человечества, его глобальный обмен энергией, веществом и информацией с окружающим миром.

Благодаря научно-технологической революции человек приобретает возможность программировать не только компьютер или, скажем, живое существо, но и суррогатную материю. После этой революции процесс воспроизводства человечества в мире пойдет по совершенно иной эволюционной траектории. Поступательно преобразуя наномир в мир «программируемой материи», которая будет функционировать под управлением и контролем человека, творец и пользователь нанотехнологий приобретет возможность по своему усмотрению прерывать естественноисторическую эволюцию Homo sapiens'а и ставить этот грандиозный процесс в жесткую зависимость от темпов и масштабов гонки в сфере наукоемких технологий. Благодаря этому глобальная эволюция Homo sapiens'а перестанет формироваться естественным «самотеком». Творцам и пользователям трансчеловеческих технологий не обязательно ждать миллионы лет, пока глобальная эволюция Homo sapiens'а естественным «самотеком» породит новые типы неживой материи, новые геномы, новые виды трансгенных живых существ, более совершенные формы человеческой жизни. Такие формы живой материи высокие технологи будут конструировать по своему усмотрению.

Но чем более могущественными становятся сингулярные технологии, тем более рискогенной становится практика технологического преобразования живой и неживой материи человека. Практика подобных преобразований становится опасной даже в тех случаях, когда такие преобразования осуществляются с целью заботы о человеческом бытии.

Все это означает, что по мере приближения мегасоциума к состоянию сингулярности проблема этико-онтологического отношения человека к своему собственному бытию приобретает новый смысл.

Несмотря на то, что практика свободы, осуществлявшаяся вдали от сингулярности с помощью традиционных технологий, иногда приводила к глобальным негативным изменениям материально-пространственной среды обитания человека, она не оценивалась здесь как доминантный источник опасностей, рисков угроз. Этико-онтологическое осмысление практики свободы резко изменилось лишь после того, как она стала осуществляться с помощью индустрии таких могущественных технологий, как химические, ядерные, и особенно – наноинженерийные, молекулярно-биологические, геномные, наномедицинские, компьютерно-сетевые, технологии нейро-чипов, виртуальной реальности и искусственного интеллекта.

Главную причину, побуждающую некоторых интеллектуалов XXI века изменить предшествующую стратегию заботы о человеческом бытии, понять нетрудно. Дело в том, что после того, как старая стратегия заботы о человеке стала осуществляться с помощью достижений науки XX века, она превратилась в источник неконтролируемого потока все более масштабных угроз человеческому бытию на планете. Действительно, прогресс химии привел к глобальному отравлению почв, атмосферы, мирового океана. Освоение энергии атома привело к нуклеарному заражению среды обитания человека. Биомолекулярная революция порождает угрозу загрязнения биосферы разнообразными типами трансгенных живых существ. Взрывоподобное развитие компьютерных наук, когнитивных наук, информатики и индустрии технологий планетарных компьютерно-медийных сетей породил угрозу информационного тоталитаризма.

Все эти угрозы являются долговременными последствиями старой стратегии заботы человека о своем бытии в мире. И именно стремление увековечить старую стратегию заботы о человеке побуждает апологетов этой стратегии считать главным виновником нарастающего вала опасений, страхов и тревог не обанкротившуюся стратегию заботы, а научно-технический прогресс.

На пути к антропологии постчеловека

Слово *«антропность»*, как известно, обозначает эволюционирующее бытие человека во всей его тотальности. От всех остальных типов бытия (бытия минералов, вирусов, бактерий, растений, животных) антропность отличается, по меньшей мере, тремя особенностями:

- во-первых, способностью самоосознавать себя, репрезентировать себя в различных языках, создавать самообразы, самопрезентативы;
- во-вторых, способностью привилегизировать себя в семействе всех возможных типов бытия. Иначе говоря, способностью проводить определенную политику самоидентификации;
- в-третьих, способностью заботиться о своей грядущей участи, предвосхищать и изменять эту участь по собственному усмотрению.

Овладевая все более могущественными технологиями, преобразуя с их помощью свой собственный геном, свою телесность, свою нейро-систему, свой интеллект, человек радикально изменяет свое этико-онтологическое отношение к бытию антропности [60,84,106,107,108,109,110,114,122].

До появления высоких технологий человек лишь «взламывал» природную материю (живую и неживую). Теперь же он с помощью все более могущественного инжиниринга конструирует новую реальность, которая включает в себя:

— искусственные атомы и объекты с наперед заданной атомарной структурой;

— различные типы программируемой материи;

— разнообразные наноматериалы;

— пространство генетически модифицированных организмов и клонированных животных;

— носителей искусственного разума;
— транслюдей со вживленными нейро-чипами;
— ткань планетарных компьютерно-медийных сетей и т.п.

Эти новые типы антропогенной реальности начинают играть все более важную роль в формировании среды обитания человека. Все чаще их называют неорганическим продолжением телесности человека. Само же продолжение телесности человека (т.е. своеобразный «протез» телесности) предстает не как простой посредник в общении человека с природой, а как активная среда, изменяющая онтологическое положение человека в мире, его геном, его бессознательное, нейросистему, систему поведенческих реакций и т.д.

Термин *«постчеловек»* обозначает именно этот новый модус существования человека в новой реальности.

«Постчеловек» — гипотетический образ будущего человека, который потерял привычный человеческий облик в результате внедрения передовых технологий.

«Постчеловек», таким образом, – это творец и пользователь все более могущественных технологий, с помощью которых он осуществляет заботу о своем бытии в мире.

В новейшей дискуссии о стратегии заботы о человеческом бытии, осуществляемой постчеловеком, во весь рост встал вопрос: изменяет ли его практика заботы, только те способности Homo sapiens'а, которые обозначены словом «sapiens» (т.е. интеллектуальные способности), или же она подвергает глубоким трансформациям и те его качества, которые номинируются словом «homo» (т.е. его геном, физиологию, телесность, нейро-систему и т.д.)?

Если она изменяет только sapiens-способности, тогда человек не перестает существовать в мире как «homo», который поступательно превращается в носителя все более развитого искусственного суперинтеллекта. В этом случае, спекуляции о каком бы то ни было «post-homo» становятся беспредметными.

Однако, если новая практика заботы, осуществляемая с помощью все более могущественных технологий, подвергает кардинальным трансформациям и те качества человека, которые номинируются словом «homo», то такая практика заботы неизбежно превратит человека в «постчеловека». Ибо по определению, «постчеловек» – это та фаза глобальной эволюции Homo sapiens'а, в которую эту эволюцию ввергает практика применения все более могущественных сингулярных технологий.

Социально-философский дискурс о неизбежности подобного рода преображения антропности (т.е. кардинального изменения ее онтологической идентичности) сегодня составляет ядро острейших дискуссий по проблемам антропологии постчеловека.

Наиболее остро вопрос о долгосрочных последствиях технологического преображения фундаментальных первооснов антропности сегодня обсуждается в рамках философско-мировоззренческого дискурса о самопреодолении человека. Центральную идею этого многовекового дискурса наиболее четко сформулировал еще Н.А. Бердяев. В работе «О рабстве и свободе человека» он заявил: «Человек есть существо, себя преодолевающее».

Главная причина нынешней актуализации этого дискурса стоит в том, что забота о грядущей участи человека, которую осуществляет творец и пользователь базовых технологий XXI века, кардинально отличается от той заботы, которую осуществлял, скажем, человек средневековья.

Наиболее последовательно новая стратегия заботы о бытии человека представлена в движении *«трансгуманизма»*.

Антропность, в их понимании, не является абсолютной онтологической константой (сотворенной Богом, Природой или еще каким-либо Абсолютом). Антропность – это величайшее произведение искусства самого человека. Именно поэтому самой главной задачей заботы о человеке трансгуманисты считают защиту прав человека по его собственному усмотрению совершенствовать это величайшее произведение искусства.

Этико-онтологический императив трансгуманизма гласит: не консервировать бытие антропности в полноте всех ее нынешних ограниченностей, патологий и ущербностей, а улучшать это бытие, используя всю мощь технологий XXI века.

Улучшать же онтологическое положение антропности в мире – означает подвергать его таким преобразованиям, которые увеличивают возможности отдельных людей осознанно изменять свой геном, свое тело, свою нейро-систему, свою жизнь в соответствии со своими информированными желаниями. Слово «осознанно» здесь означает: пользователи наукоемких технологий должны как можно глубже понимать, между какими вариантами жизненного положения в мире они выбирают.

Дискуссия по вопросу о моральной оправданности ничем не лимитированного использования всех упомянутых выше средств преодоления природы человека, таким образом, раскололо сообщество гуманитариев XXI века на два лагеря – гуманистов и трансгуманистов.

Первые требуют категорически заблокировать действие перечисленных выше факторов, наложить табу на какие бы то ни было вторжения в фундаментальные первоосновы человеческой природы.

В отличие от них, трансгуманисты считают, что свободная личность имеет полное право вмешиваться в природу. По их мнению, не должно быть моральных или этических табу, запрещающих личности по ее собственному усмотрению изменять свою природу. Они не видят ничего предосудительного ни в желании личности жить как можно дольше, ни в ее естественном стремлении сделать, изучить и пережить больше, чем это возможно ныне за обычную человеческую жизнь. Личность, в понимании трансгуманистов, имеет право взрослеть и развиваться гораздо дольше, чем те жалкие восемьдесят лет, которые отпущены ей эволюционным прошлым.

Не претендуя на исчерпывающе полное и абсолютно достоверное знание о том, что значит быть постчеловеком, трансгуманисты предостерегают нас, что дела, поступки, стремления постлюдей могут оказаться нашему нынешнему пониманию столь же недоступными, как и приматам – понимание сложности нашей человеческой жизни. Именно поэтому, считают они, многим из нас сегодня чрезвычайно трудно понять поступки добровольцев, имплантирующих в свой организм всевозможные нейро-компьютерные чипы, или же лиц, отказывающихся от собственного тела и готовых жить в качестве информационных структур в гигантских сверхбыстрых компьютерных сетях.

В организацию, ратующую за кардинальные технологические перемены на планете Земля, входят ученые, мыслители и просто энтузиасты. Создана Всемирная Трансгуманистическая Ассоциация. Они даже издали свой манифест. Создана такая организация и в России, которая не замедлила выступить со своим манифестом[122].

Трансгуманисты считают, что с помощью передовых технологий люди в недалеком будущем смогут ликвидировать страдания, старение и смерть и значительно усилить свои физические, умственные и психологические возможности. Уже через 20–30 лет появившиеся недавно новые сверхмощные технологии кардинально изменят нашу жизнь и даже самого человека:

Современная геронтология, нано— и биотехнологии позволят людям жить неограниченно долго, что означает наступление эры практического бессмертия человека.

Уже сейчас расшифрованы геномы множества видов, в том числе человека; разработаны первые генные терапии; создаются новые виды полезных живых организмов. Понимание функционирования живых систем позволит полностью управлять всеми процессами в человеческом организме и в других существах и полностью перестроить человеческий организм, устранив болезни и старение.

С помощью когнитивных технологий люди кардинально усилят свои интеллектуальные и творческие возможности.

Молекулярная нанотехнология сделает возможным создание изобилия ресурсов для каждого человека.

Через 20–25 лет нанотехнологии, вероятно, станут основным способом производства, а создание универсальных наномашин даст человеку невиданные ранее возможности.

Футурологи из Российского Трансгуманистического движения составили прогноз развития общества до 2026 года.

Основным фактором, определяющим жизнь людей в России через 20 лет, станут сверхтехнологии, развиваемые сейчас во всём мире.

Виртуальная и дополненная реальности получат не менее широкое распространение, чем сейчас компьютеры и мобильная связь. Человек будет постоянно получать информацию об окружающей среде, работе, социальных контактах и т. д. на носимые или вживлённые дисплеи. Визуальная информация будет произвольным образом перестраиваться и обогащаться в соответствии с предпочтениями пользователя. Значительную часть времени человек будет проводить в реалистичной виртуальной среде, работая, развлекаясь и общаясь. Границы между реальным и виртуальным мирами будут стёрты — человек будет находиться в единой «информационной среде».

Роботы смогут выполнять практически любую физическую работу. 2020-е годы станут годом трансформации природы труда. Получат распространение системы гарантированного дохода и распространение бесплатных благ. Возрастёт число неработающих. Остальные сосредоточатся на умственных видах труда всё возрастающей сложности. Справиться помогут когнитивные технологии и растущая интеграция человека с компьютерами. Широко будут использоваться ещё относительно простые системы прямого интерфейса компьютер-мозг.

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) позволят автоматизировать все виды рутинного и простого умственного труда. Универсальный искусственный интеллект ещё не будет создан, но практически во всех областях деятельности будут использоваться специализированные системы ИИ. Интеллектуальные агенты будут активно помогать человеку в поиске информации, в структурировании мыслительной деятельности и т. д.

Образование станет постоянной частью любой деятельности человека. Использование универсальных формальных языков ускорит процесс усвоения новых знаний. Все важные знания в мире будут доступны любому человеку практически мгновенно, как и возможность структурированного общения с любым специалистом.

Все существующие болезни будут излечимы с использованием целого спектра медицинских технологий: терапевтических, дизайнерских лекарств, индивидуальной генной терапии, клеточной терапии и хирургии, выращивания органов и киборгизации. Хотя старение ещё не будет полностью побеждено, в скорой возможности бессмертия уже сомнений не будет. Станет возможным обратимый биостасис, что сделает крионику общепринятой практикой.

Технологии генной инженерии значительно усилят эффективность сельского хозяйства, решив проблему голода.

Благодаря использованию новейших технологий, значительно улучшится глобальная экологическая обстановка. Такие проблемы как глобальное потепление, нехватка воды и т. д. будут успешно решаться.

В основе всех перечисленных достижений будут лежать сверхмощные компьютеры, созданные с помощью наноэлектроники и ряда других технологий. Микрокомпьютеры будут внедряться практически во все предметы и материалы, что значительно усилит их эффективность и придаст им новые свойства. Большая часть материалов будет создана с использованием нанотехнологий, что сделает возможным использование «умных» материалов, трансформирующихся в зависимости от условий среды и потребностей человека.

Универсальные нанотехнологии ещё не будут созданы, но работа над ними (нанофабрика, наноассемблер) уже близится к завершению.

Свобода человека в выборе образа жизни значительно увеличится. Человек сможет жить как в крупных, но более чистых, чем сейчас и удобных для жизни городах,

так и в автономных населённых пунктах. Широко будут использоваться автоматизированные мультимодальные транспортные системы.

Будет набирать скорость трансформация человека. Биологические процессы будут взяты под контроль в медицинских целях (с помощью генной инженерии, гормональных препаратов и микроустройств). Интеллектуальные способности будут значительно расширены (когнитивные методы, интерфейс мозг-компьютер, дополненная реальность, ноотропные препараты, ИИ-агенты). Тело человека будет перестраиваться в косметических и других целях. Значительная часть населения будет представлять собой транслюдей (до появления загрузки, которая пока ещё будет неосуществима, о постлюдях говорить нельзя). Перспектива перехода человечества в новое качество будет рассматриваться как наиболее вероятный путь развития большей частью активного и образованного населения.

Понимание неизбежности дальнейшей трансформации человека и вероятность перехода человечества в новое качество приведёт к созданию планетарных механизмов управления, влияние которых будет усиливаться.

Прогноз «Развитие общества через сверхтехнологии к 2026 году» представлен в виде проекта по научному прогнозированию. Основным фактором развития станут как раз сверхтехнологии. В каждый дом войдут две новые реальности – виртуальная и дополненная. Первая будет иметь вид полной симуляции, когда на органы чувств человека будут подаваться сигналы, создающие ощущение реальных. Вторая представляет собой обработанную информацию из обычного мира, подающуюся человеку с помощью микрокомпьютера, вживленного, например, в сетчатку глаза.

Роботы смогут выполнять практически всю физическую и простую умственную работу. Люди сосредоточатся на работе повышенной умственной сложности. Что будет с глупыми людьми, трансгуманисты не уточняют, зато обещают: неработающих станет гораздо больше.

У стран, сделавших технологический рывок и обзаведшихся роботами, отпадет потребность в мигрантах для замещения неквалифицированных вакансий. Глобальная доступность любой информации, к чему сейчас идет Интернет, сделает образование и повышение квалификации почти бесплатными. Работодателям более не надо будет тратить недели на переобучение сотрудников – подключайся самостоятельно к Сети и проводи собственный профессиональный апгрейд. Получение новой информации по ходу работы станет постоянным и неизбежным. Тем более, трансгуманисты предсказывают постепенное сращивание человеческого интеллекта с компьютером посредством разных умных устройств.

Через два десятилетия человек должен, наконец, одолеть одного из своих древнейших врагов – голод. Сегодня уже есть генномодифицированные продукты, семена, устойчивые к жаре, холоду, отсутствию воды или резкому изменению температур. Весь вопрос лишь в налаживании социальной инфраструктуры, чтобы сделать их доступными для всех, включая самые бедные страны.

Наконец, изменится сам стиль жизни. По мере освоения сверхтехнологий отпадет необходимость скучиваться в городах. Новые люди станут больше похожи на кочевников. Селиться можно будет где угодно со всеми удобствами. То есть вы едете куда хотите и берете с собой некий набор устройств или одно интегрированное устройство жизнеобеспечения. Приехали, разворачиваете «базу», подключаете к глобальным информационным и иным сетям и все — можете жить, работать хоть на даче в Подмосковье, хоть на берегу сибирской реки.

Но как бы ни относиться к позиции трансгуманистов, сегодня невозможно достоверно предсказать финал обостряющегося спора о стратегии самоопреодоления человека. Ясно лишь одно: практика использования технологий третьего тысячелетия – это гигантский и крайне рискованный эксперимент над человечеством во всей его тотальности. Рождающаяся на наших глазах антропология постчеловека – это не абсолютно обоснованная теория, а скорее практика поиска путей к новой философии, способной преодолеть изъяны и ограниченности практической философии эпохи Модерна.

2.4. Проблемы выживания человечества

Техногенная цивилизация породила чрезвычайно серьезные проблемы выживания человечества. А вслед за техногенной цивилизацией и вообще цивилизацией уже проглядывает сверхцивилизация — гипотетический уровень развития общества разумных организмов, наступающий вслед за цивилизацией.

Российский ученый Н.П. Кардашев ввел понятие типов цивилизаций по уровню энергопотребления.

Первый тип — Цивилизация, энергопотребление которой сравнимо с мощностью, получаемой планетой от центральной звезды и энергетическими источниками самой планеты.

Второй тип — Цивилизация, энергопотребление которой сравнимо с мощностью центральной звезды планетной системы. Оценка энергопотребления — 10^{20} эрг за секунду. Одна из гипотетических форм цивилизации второго типа — цивилизация сферы Дайсона.

Цивилизация второго и выше типов уже считается сверхцивилизацией.

Третий тип — Цивилизация, энергопотребление которой сравнимо с мощностью галактики. Оценка энергопотребления — 10^{44} эрг за секунду.

Не входящий в теорию, но возможно существующий тип 4 — Цивилизация, энергопотребление которой сравнимо с мощностью вселенной. Оценка энергопотребления — бесконечная мощность.

Американский астроном Карл Саган (1934–1996) дополнил энергетическую классификацию сверхцивилизаций информационной.

В конце XX в. развитие цивилизации подошло к своей критической границе. Среди проблем, обсуждаемых учеными и философами, — кризис города-мегаполиса и вымирающего села, деградация культуры и морали, маргинализация значительных слоев населения и биологическое вырождение людей, изменение ценностей, идеалов, потребностей современного человека. В общем, складывается картина кризиса техногенной цивилизации в целом[2,12,14,16,21,31,36,49,54,60,68,73].

Чаще всего ответственными за этот кризис, проявившийся вместо ожидаемого идеального общества, объявляются технологический рост (результатом которого должно было стать идеальное общество) и принципы, на которых строится современная индустриально-техническая цивилизация: ориентация на рост потребления (иногда разделяют по степени экологичности потребление материальное и духовное, но и духовные потребности для своей реализации нуждаются в материальном базисе) и предпочтение социокультурных инноваций (по сравнению с верностью традиционным путям воспроизводства жизни).

Болевые точки социоприродных и социокультурных взаимодействий, характеризующие состояние нашей эпохи, получили название *«глобальных проблем современности»*. Эти проблемы, до сих пор не нашедшие даже теоретического решения, вызывают сомнение в жизнеспособности самого постиндустриального общества, для которого они характерны. Именно их нерешенность угрожает дальнейшему существованию человечества, не оставляя места историческому оптимизму.

Сущность экологической глобальной проблемы, или нарушенного взаимодействия общества и природы, составляет неконтролируемый рост техносферы и его отрицательное воздействие на биосферу, прежде всего биоту.

Ее компонентами являются: уничтожение многих видов растений и животных и снижение биосферного разнообразия; истощение невозобновляемых природных ресурсов и деградация возобновляемых (почвы, лесов, пресных вод) ввиду увеличения масштабов их потребления; исчерпание возможностей среды обитания по поглощению отходов антропогенной деятельности; насыщение биосферы техносферными элементами (особенно химическими и радиационными составляющими); угроза

деградации и вымирания человечества в результате ухудшения экологической обстановки; растущая концентрация населения в крупнейших городах; подмена естественных процессов саморегуляции биосферы антропогенным воздействием и рост необходимого участия человека в поддержании благоприятного состояния природной окружающей среды.

Сущность антропологической глобальной проблемы, или нарушения межчеловеческих связей и культурных процессов, составляет усиливающаяся дисгармония между развитием природных и социальных качеств человека. Ее компонентами являются: снижение природного здоровья людей, угроза разрушения генофонда человечества и появление новых болезней; отрыв человека от биосферной жизни и переход в техносферные условия жизнедеятельности.

Нельзя не обратить внимание на то, что глобальные проблемы вызваны деятельностью человека, точнее, являются ее побочными результатами, будучи связаны с искусственными системами, сконструированными человечеством. И технологические комплексы, и общественные институты, и нормативные системы создавались из самых лучших побуждений для достижения результатов, считавшихся оптимальными. Но деятельность людей, помимо прямых последствий, имеет непредсказуемые эффекты и по мере роста технической вооруженности эти побочные результаты начинают преобладать. Наряду с позитивными результатами исторического развития накапливался груз отрицательных, который к настоящему времени превысил критическую массу.

Рассмотрим роль одной из форм деятельности человечества — технологической — в генезисе глобальных проблем и их возможном разрешении.

На планете Земля к настоящему времени сложились и сосуществуют две системы, созданные эволюцией живого вещества: биосфера и техносфера.

Биосфера — оболочка Земли, созданная деятельностью живых организмов, миллиарды лет назад ставшей геохимической силой планетарного масштаба.

Результатом тысячелетнего технологического развития стала глобальная техносферная система, внутри которой реализуются все стороны жизни современного человека. *Техносфера* как искусственный материальный мир — продукт человеческой цивилизации. Наряду с обществом и культурой она — продукт активной сущности человека, его потребности изменять себя и мир. Между биосферой и техносферой идет непрерывное взаимодействие.

Человечество в ходе технологической деятельности изменяет структуру земной поверхности, концентрирует или перегруппировывает химические элементы, истребляет или создает биологические виды. Если трансформация техносферы в результате этого взаимодействия является целью производственного процесса и контролируется человеком, то изменение физических и химических характеристик биосферы — побочный эффект.

Социоприродные исследования показывают: технобиосферные взаимодействия зависят от уровня техногенного развития, биосфера лишь реагирует на его изменения. Так, промышленная революция привела к резкому росту антропогенной нагрузки. Биосферные отклики перестали затрагивать отдельные регионы и привели к системным изменениям глобальных характеристик, что и вызвало обеспокоенность мирового сообщества экологическими проблемами.

Итоги тысячелетней техносферизации биосферы таковы: налицо нарастание трудностей при поддержании уже достигнутого уровня переделанных биоценозов и приближение к пределу дальнейшего изменения биосферы в указанном направлении. Хозяйственная деятельность человека приобрела такие масштабы, когда нарушаются основные принципы естественного устройства биосферы: энергетический баланс, сложившийся круговорот веществ, многообразие видов и биологических сообществ, популяционная стабильность и т.д. Теоретически биосферных форм в чистом виде уже не осталось. В результате глобального использования биосферных ресурсов даже участки Земли, не занятые в хозяйственном обороте, испытывают техногенные влияния.

Напряженные взаимоотношения между техносферой и биосферой, выраженные несоответствием между техногенной нагрузкой и ресурсными возможностями биосферы, достигли ступени экологического кризиса: началась замена экосистем на менее продуктивные. Биосфера постепенно теряет свою несущую способность. Даже возобновляемые природные ресурсы перестают быть таковыми по мере ее нарушения. В перспективе сохранение прежней тенденции роста антропогенной нагрузки грозит биосфере коллапсом (полной утерей биологической продуктивности).

Таким образом, неразумное техногенное воздействие на биосферу, выходящее за пределы ее адаптивных способностей, может привести к вымиранию самого человечества как биологического вида.

Техносфера нуждается для своего функционирования в постоянном заимствовании ресурсов извне.

Видимо, попытки уйти от экологического кризиса путем одной перестройки техносферы (без одновременного приспособления человечества к новым социоприродным закономерностям) утопичны. Как наша неспособность предвидеть все результаты техногенных изменений в области живого вещества, так и неизбежный рост материальных потребностей человечества (который рано или поздно потребует нового заимствования ресурсов из биосферы) приведут к тому, что реализация предложенных программ сможет в лучшем случае замедлить антропогенную деградацию биосферы, но не остановить ее.

Разум людей пока недостаточно высок, чтобы предвидеть все последствия производимых воздействий. Даже когда негативные последствия осознаны, далеко не всегда благо будущих поколений заставляет людей отказаться от сиюминутных выгод. Поэтому можно сделать вывод: экологическая глобальная проблема вторична по сравнению с антропологической, а первопричиной глобального экологического кризиса является антропологический кризис — негативные изменения современного человека.

Перерождение природы из-за становления искусственного мира сопровождается катастрофами и вызывает тревогу международного сообщества. Техногенное же перерождение человеческого духа замечается меньше.

События XX в. доказали существование обратной связи между человечеством и техносферой. Например, можно отметить изменение системной детерминации человеческой жизни: если прежде люди подчинялись биосферным закономерностям и вынуждены были отстаивать свое место в борьбе с природными стихиями, то современный человек в результате технологизации своей жизни вынужден подчиняться техносфере, вписываться в ее закономерности и вырабатывать в себе качества, нужные для ее деятельности.

Техносферное перерождение человека достигло тревожного уровня. Творец искусственного мира становится его частью, биосферное существо — техносферным.

По ходу техногенного развития подвергаются существенной техносферной трансформации человеческие свойства. Изменяется биосфера не только вне людей, но и внутри их — в теле и психике. Человек, все более погружаясь в искусственный мир, постепенно утрачивает свои природные качества и обретает социально-техногенные. С рождения он оказывается в техносферной среде. Не только материальные объекты, но и допускаемые к человеку растения и животные не назовешь «естественными» — их виды также являются плодами развития человечества.

Сокращается сфера физического труда и растут умственные нагрузки, что приводит к появлению новых болезней. В сам организм человека вторгается искусственная среда: практикуется употребление искусственной или генетически измененной пищи, искусственное оплодотворение, трансплантация и т.д.

Для обитателя современного мира характерны биологические изменения, которые не назовешь прогрессивными: понижение сопротивляемости инфекциям и факторам внешней среды, ослабление органов чувств (все хуже становятся зрение и слух), захватывающие все большие слои населения бессонница и депрессия,

сердечно-сосудистые и раковые заболевания, аллергия и бесплодие. Слабеет иммунная защита человеческого организма, рост генетических аномалий и психических болезней становится бедствием. С каждым поколением усиливается деградация внутренних органов и систем человеческого организма, все чаще требуются техногенное вмешательство в их функционирование или прямая их замена. Учитывая, сколько людей в индустриально развитых странах в буквальном смысле слова не могут жить, не пользуясь ежедневно достижениями медицины, подобную жизнь можно называть «искусственной».

Новейшие биотехнологические достижения ведут к тому, что объектом изменения становится уже не внешняя природа, а биофизическое строение. Возникают проекты самотрансформации посредством технического вмешательства: человеческая природа как несовершенная объявляется нуждающейся в той же коренной переработке, которой подверглись другие элементы биосферы. Ранее материалом для искусственной переделки выступала внешняя среда, сейчас материалом становится сам человек.

Увеличивается количество людей (причем в развитых, благополучных странах), которые стремятся «забыться», уйти от реальности (начиная от алкоголиков и наркоманов и кончая всевозможными поклонниками виртуальной реальности). Надежды на построение идеального социума, позволяющего достигнуть всех личных и общественных благ, не оправдались: постиндустриальное общество, представляющееся совершенным тем, кто мечтает его построить, при ближайшем рассмотрении оказывается столь же противоречивым, полным проблем, основанным не на потребностях человечества, а руководимым общими системными закономерностями техносферы.

Человек оказался не только творцом искусственного мира, но в значительной мере и его творением. В этом сущность антропологического кризиса, который можно назвать техногенно-антропологическим.

Глобальные проблемы техногенной цивилизации — не результаты отдельных ошибок, а следствие конкретного способа бытия человека в его стремлении выжить и реализовать себя. Антропологический кризис является самой глубинной проблемой современности. Он охватил весь комплекс взаимоотношений людей: поведение человека и образ мышления меняются столь сильно, что предметом тревоги стала деградация не только биосферы, но и самого человека.

Технологическое развитие, не сбалансированное учетом интересов биосферы, — это не результат злой воли отдельных людей, оно объективно как реализация человеческой природы.

Ограничение техногенного развития невозможно, а полный отказ от техники не только невозможен, но и вреден, он привел бы к восстановлению биосферы ценой вымирания человечества. Сам человек всегда был, есть и будет биосферным существом. Хотя и усиливается техногенное отчуждение, но по-прежнему природа — это наше тело и наши инстинкты, и от них не скрыться ни в каком искусственном мире. Человечество не может жить без биосферы (иначе оно перестанет быть таковым и станет другим видом — уже не биологическим) и человечество не может не изменять биосферу.

Глобальные риски, создаваемые человеком

Технологические риски

Технологические риски различаются по степени готовности их «элементарной базы». Одни из них технически возможны в настоящий момент времени, тогда так другие требуют в разной степени длительного развития технологий и, возможно, неких принципиальных открытий.

Соответственно, можно выделить три категории:

А) риски, для которых технология полностью разработана (ядерное оружие) или требует незначительно доработки.

Б) риски, технология для которых успешно развивается и не видно никаких теоретических препятствий для её реализации в обозримом будущем (биотехнологии).

В) риски, которые требуют для своего возникновения неких принципиальных открытий (антигравитация, высвобождения энергии из вакуума и т д.). Не следует недооценивать эти риски – значительная часть глобальных рисков в XX веке произошла из принципиально новых и неожиданных открытий.

Классическим примером угрозы существованию человечества категории А является угроза ядерной войны, которая помимо прямых поражающих факторов, создаёт два следствия – ядерную зиму и радиоактивное заражение. Угроза ядерной катастрофы часто недооценивается или переоценивается. Недооценка в основном связана с рассуждениями на тему, что раз катастрофы давно не было, то она маловероятна.

Считается, что в настоящий момент вероятность катастрофической ядерной войны уменьшилась, так как ядерные арсеналы СССР и США значительно сократились. Однако фактически вероятность применения ядерного оружия растёт, поскольку всё больше стран открыто заявляют о разработке ядерного оружия (около 10), и, кроме того, другие страны, помимо России и США обретают технические возможности и желание обзаводится арсеналом в тысячи зарядом (Китай, Пакистан и Индия). Растёт число стран, развивающих мирную ядерную энергетику двойного назначения, то есть могущих в течение месяцев или нескольких лет приступить к производству ядерного оружия. Растут и шансы попадания расщёпляющих материалов в руки террористов.

И потом, взаимное гарантированное уничтожение хорошо работает, когда есть только две сверхдержавы (по количеству ядерных зарядов). Но уже сейчас возможно появление новых ядерных сверхдержав.

Биологическое оружие

Фактически, большая часть оборудования, необходимого для создания опасного биологического оружия, уже готова. Опасность состоит в том, что это оборудование постоянно дешевеет и распространяется по миру, при этом знания о том, как использовать его во вред, возрастают.

Постоянное удешевление и упрощение машин для секвенсирования ДНК (то есть считывания и создания генетического кода), делает возможным появление биохакеров. Если для компьютеров уже написано более 100 000 вирусов, то масштабы творчества биохакеров могут быть не меньшими.

Основной однофакторный сценарий – это распространений некого одного вируса или бактерии. Это распространение может происходить двояко – в виде эпидемии, или в виде заражения воздуха.

Ещё вариант – это бинарное бактериологическое оружие. Например, туберкулёз и СПИД являются хроническими болезнями, но при одновременном заражении человек сгорает за короткий срок. Есть гипотеза, что натуральная оспа и СПИД были парными болезнями в Африке. Сначала СПИД ослаблял иммунитет большой группы населения, а потом её выкашивала оспа. Один из страшных сценариев – СПИД, который распространяется также легко, как простуда.

Следующий вариант оружия – это распыление в воздухе больших количеств спор сибирской язвы (или подобного агента) в защитной оболочке (а такие оболочки уже давно имеются для боевых штаммов). Этот вариант не требует саморазмножающегося болезнетворного агента.

Биологическое оружие считается одним из самых дешёвых – стоимость смерти в нём составляет несколько центов. Уже сейчас создание биологической супербомбы в тысячи раз дешевле, чем создания ядерного оружия сравнимой поражающей силы. Когда распространятся дешевые технологии производства произвольных живых организмов с заранее заданными функциями, цена изготовления такого оружия может упасть до несколько сотен долларов.

Хотя распространение одной эпидемии, скорее всего, можно остановить, то эпидемию, вызванную несколько десятками видов разнородных вирусов и бактерий,

вышедших из-под контроля во многих местах земного шара остановить невозможно даже технически, потому что в человека невозможно одновременно ввести несколько десятков разных вакцин и антибиотиков – он умрёт.

Генетические технологии дают огромные возможности не только для создания летального оружия, но и для создания способов его доставки. Можно представить себе генетически модифицированного малярийного комара, который может жить в любой среде и с большой скоростью распространиться по всей планете, вводя каждому попавшемуся некий агент. Или саранчу, заодно поедающую всё живое и распыляющее споры сибирской язвы.

Многие биологические риски могут быть малоочевидными и отложенными во времени, поскольку сама биологическая наука ещё развивается. Широкомасштабное применение биологического оружия значительно опаснее и значительно вероятнее, чем классическая ядерная война.

Супернаркотик

Один из сценариев распространения супернаркотика в будущем предложен братьями Стругацкими в романе «Хищные вещи века» (1965 г.), где мощнейший наркотик, вызывающий 100 процентное привыкание с первого раза, оказывается очень просто сделать из радиоприёмника и ряда других общедоступных компонентов, которые непосредственно воздействует на центр удовольствия в мозге. Самодельный прибор волновой психотехники дает ярчайшее переживание виртуальной реальности. Этот сценарий связан в чистом виде не с распространением некого вещества, а с распространением «знаний массового поражения».

Можно обозначить сразу несколько сверхнаркотиков, возможных в будущем, общий смысл действия которых состоит в выключении человека из социальной жизни. И человек, отказавшийся от одного класса наркотиков, может устремиться к другому. Так и в современной реальности кто-то не пьёт алкоголь, но зато подсел на кофе. Кто-то не смотрит телевизор, но сидит в интернете.

Сверхсильный наркотик может быть подобен заразной болезни, если одни люди буду стремиться заразить других, а те – будут не против заразиться.

Абсолютный наркотик создаёт возможность следующей дилеммы: человечество как целое перестаёт существовать, но каждый отдельный субъект воспринимает произошедшее как личный рай и очень доволен этим.

Будем называть абсолютным наркотиком некое средство, которое для любого человека привлекательнее обычной реальности и полностью уводит его из этой реальности. При этом можно разделить быстрый и медленный абсолютный наркотик. Первый даёт переживание, ради которого человек готов умереть, второй – некую новую реальность, в которой можно длительное время существовать.

Пагубное действие многих наркотиков далеко неочевидно и может проявляться не сразу. Например, героин и кокаин долгое время, годы, были в открытой продаже, было легко доступно и ЛСД.

Вероятность возникновения супернаркотика выглядит крайне высокой, поскольку он может быть достигнут многими способами не только за счёт успехов биотехнологиях, но и в нанотехнологиях, в ИИ, а также за счёт некого случайного изобретения, объединяющего уже существующие технологии.

Абсолютный наркотик может вовсе не носить названия «наркотика» и не быть похожим на современные стереотипы. Абсолютный наркотик не будет чем-то одним, но будет множеством факторов, работающих объективно на разделение людей, отключение их от реальности и сокращение их жизни и способности к размножению. Абсолютный наркотик может выглядеть как абсолютное благо и вопрос его вредности может зависеть от точки зрения. В каком-то смысле современная культура развлечений с низким уровнем рождаемости уже может быть прообразом такого наркотика.

Искусственный интеллект

Есть разные теоретические мнения о возможности искусственного интеллекта. Более того, нет более спорной области знаний, чем наука об ИИ.

Угрозы со стороны искусственного интеллекта являются крайне спорными, так как самого объекта пока нет и о его природе есть много разных мнений, в том, числе о том, что он невозможен, легкоконтролируем, безопасен, ограничен – или не должен ограничиваться.

Наибольшую опасность представляет саморазвивающийся универсальный ИИ. Если будет много ИИ проектов, то, по крайней мере, один из них может быть использован для попытки захватить власть на Земле.

Достаточные аппаратные средства для ИИ существуют уже сейчас, через 10 лет они станут легкодоступными, если не случится какой-нибудь катастрофы, тормозящей развитие.

Сильный ИИ, по определению, может найти наилучшее возможное решение любой задачи. Это значит, что его можно использовать для достижения любых целей во внешнем мире. Он найдёт наилучший способ применить все доступные инструменты для её реализации и справится с управлением ими. Именно в этом смысле он является абсолютным оружием. То, что он может быть наиболее эффективным средством убийства является только следствием и одной из возможных опций.

Если мы имеем машину, которая может решить любую задачу, то она способна придумать способ, с помощью которого бы она сама осуществляла управление собой.

Есть вариант создания генетически усовершенствованного человека, в мозг которого вживлены средства доступа к Интернету (так называемый нейрошунт). Возможны и другие средства интеграции живых нейронов с обычным компьютером, а также с квантовыми компьютерами.

Один из вариантов — ИИ подчиняет себе государственное устройство и использует имеющиеся в нём каналы для управления. Жители такого государства вообще могут ничего не заметить. Основное препятствие для развития этой системы, уже подчинившей мировую экономику, науку и коммуникации – это национальные государства с их национальными армиями. Создание мирового правительства облегчило бы формирование такого единого ИИ. Однако пока что идёт острая борьба между государствами на предмет того, на чьих условиях объединять планету. А также борьба с силами, которые условно называются «антиглобалисты» и другими антисистемными элементами – исламистами, радикальными экологами, сепаратистами и националистами.

Опасность, однако, состоит в том, что глобальная всемирная машина начнёт вытеснять людей из разных сфер жизни, хотя бы экономически – лишая их работы и потребляя те ресурсы, которые иначе бы могли расходовать люди. В каком-то смысле людям не останется ничего другого, как «смотреть телевизор и пить пиво» (вариант сверхнаркотика).

Важно отметить следующее – кем бы ни был создан первый сильный искусственный интеллект, он будет нести на себе отпечаток системы целей и ценностей этой группы людей, хотя сама эта система будет казаться для них единственно правильной. Для одних главной целью будет благо всех людей, для других – благо всех живых существ, для третьих – только всех правоверных мусульман, для четвёртых – благо только тех программистов, которые его создали. И само представление о природе блага тоже будет весьма различно. В этом смысле момент создания первого сильного ИИ является моментом развилки с очень большим количеством вариантов.

Вполне может быть так, что ИИ поддерживает на Земле порядок, предотвращает глобальные риски и занимается освоением Вселенной. Возможно, что это наилучший наш вариант.

Вероятность глобальной катастрофы, связанной с ИИ, является произведением вероятностей того, что он вообще когда-либо будет создан и того, что он будет

применён неким ошибочным образом. Есть ряд ученых, которые полагают, что тем или иным способом ИИ будет создан в течение XXI. Даже если попытки построить ИИ с помощью компьютеров потерпят крах, всегда есть запасный вариант: успехи в сканировании мозга позволят создавать его электронные копии и успехи в генетике – создавать генетически усовершенствованные человеческие мозги. Электронные копии обычного мозга смогут работать в миллион раз быстрее, в конечном счёте, мы всё равно получим интеллект, в миллионы раз превосходящий человеческий количественно и качественно.

Существуют оценки, которые показывают, что компьютеры обретут силу, необходимую для ИИ в 2020–2030 годы. Это примерно соответствует оценкам, даваемым для времени возникновения опасных биотехнологий. Однако здесь есть гораздо больший элемент неопределённости – если поступательный прогресс в биотехнологии очевиден, и каждый его этап можно отслеживать по научным публикациям, соответственно, измеряя степень риска, то возникновение ИИ связано не столько с накоплением неких количественных характеристик, сколько, возможно, с неким качественным скачком. Риск, который несёт в себе развитие технологий ИИ крайне велик и систематически недооценивается. Это область гораздо более непредсказуема, чем даже биотехнологии. Вместе с тем, ИИ является, возможно, нашей наилучшей защитой от прочих опасностей.

Риски, связанные с роботами и нанотехнолгиями

Основное опасностью в этом отношении считается распространение нанотехнологической «серой слизи» (по Э. Дрекслеру). Основные её признаки таковы:

1. миниатюрность;
2. способность к саморазмножению;
3. способность к самостоятельному распространению по всей Земле;
4. способность незаметно и эффективно уничтожать крупноразмерную технику и живые организмы;
5. анонимность;
6. дешевизна;
7. автономность от человека.

Хотя считается, что для эффективного самовоспроизводства нужны молекулярные нанотехнологии, возможно, что это не так. Тогда вполне макроразмерный робот мог бы размножаться, используя природные энергию и материалы. Важно подчеркнуть, что речь идёт не об искусственном интеллекте, а о вышедшей из-под контроля системе с ограниченными интеллектом, неспособным к самосовершенствованию. Такие микророботы могли бы производится как оружие на огромных фабриках, вроде современных заводов по производству чипов, и даже с применением тех же технологий – литография теоретически позволяет делать даже подвижные части.

Рассматривается сценарий, в котором по всему миру распространяются домашние и промышленные роботы, а затем их всех поражает компьютерный вирус, который настраивает их на агрессивное поведение против человека («восстание» роботов).

Вполне возможна ситуация выхода из-под контроля армии крупных боевых роботов. Теоретически некая роботизированная армия может получить неверный приказ и начать атаковать всё живое, став при этом недоступной для отмены команд.

Кстати армия США определённо нацелена на полную автоматизацию и замену людей роботами, но до этой цели ещё много лет.

По мнению профессора кибернетики университета Рединга (Великобритания) К. Уорвика к 2050 году мы утратим наши привычные позиции. Машины будут управлять нашими жизнями и указывать нам, что нужно делать. Многие люди станут просто рабочей силой, которую содержат в специальных лагерях, разбросанных по всей территории Земли.

Уже существуют роботы, обладают уровнем интеллекта насекомых. Через 5 лет

появятся роботы с уровнем интеллекта кошки. Через 10—15 лет роботы превзойдут человека. И это не научная фантастика.

«Мозг улитки содержит от 50 до 100 нейронов, — поясняет Кевин Уорвик. — Пчелы — 10 тысяч; собаки — 10 миллионов; человека — 100 миллиардов. У моих роботов — 50 эквивалентных нейронов. Кстати, у персонального компьютера что-то около 10 тысяч. Через 5 лет нейронный эквивалент ПК составит 10 миллионов в том же объеме и при том же энергопотреблении, что и сегодня. Как только появится первая машина с интеллектом, близким по мощности к человеческому, у нас уже не будет возможности ее выключить. Бомба с часовым механизмом начнет отсчитывать последние минуты господства человечества. И тогда мы уже не сможем остановить наступление машин».

А вот как Уорвик представляет себе причины начала глобальной гражданской войны в XXI веке.

«Если они потребуют права голоса (одна машина — один голос), дадим ли мы его? Я лично полагаю, что если так встанет вопрос, ответ будет — да. Даже сегодня машины представляют реальную угрозу миру людей. Не предоставление им права голоса (если машины будут обладать настолько мощным интеллектом, чтобы потребовать для себя это право) будет означать начало войны. У меня нет никаких сомнений в этом. Мы вообще можем погибнуть в войне между собой — люди, воюющие на стороне машин, и люди, воюющие против них.

Возможно, уже на следующих крупных выборах в любой демократической стране было бы разумно интересоваться не только политической позицией кандидатов, но и тем, какими типами машин они собираются пользоваться. Если политик намеревается впоследствии использовать искусственную нейронную сеть, то необходимо серьезно обсудить это до выборов».

«Человеческая раса, похоже, играет свою последнюю партию. Период нашего господства на Земле подходит к концу. Мы можем надеяться лишь на то, что машины будут обращаться с нами так, как мы обращаемся с другими животными, — они сделают нас рабами или поместят в зоопарки. Разве этого мы хотим? Не следует ли нам, по крайней мере, создать международную организацию, которая проводила бы мониторинг, а может быть, даже и контроль над тем, что происходит?»

В новом тысячелетии грань между военным (условно говоря, деструктивным) и мирным применением новых технологий очень размыта. Если в 1945 году ситуация была относительно простой — есть ядерное, биологическое и химическое оружие массового уничтожения, но, вместе с тем, есть и практически несоприкасающаяся с военной, мирная сторона применения подобных технологий — то сейчас непонятно, где начинается опасность применения продуктов генной инженерии, а где она заканчивается. Любой неосторожно выпущенный в свет продукт генной инженерии может причинить массу вреда окружающей среде. Технологии, с которыми нам придется иметь дело, слишком опасны.

Человек сам творит техносферу (вторую природу), но одновременно попадает и в зависимость от нее. Мы, сами того не подозревая, вернее – не желая, незаметно вокруг себя создаем систему, из которой уже не можем выскочить. Назад хода нет?

Увы, нет. Техническая реальность диктует нам способ нашего поведения. Появление автомобилей вызвало необходимость строительства подземных переходов и магистральных развязок, полностью изменило топографию городов. Например, так появились тротуары в городах. В Германии принят закон, запрещающий женщинам в обуви на шпильках управлять автомобилем – только в обуви без каблука. Во многих странах мира запрещено пользоваться мобильными телефонами за рулем. Получается, что «инстинкты» автомобилей диктуют поведение человеческому обществу, изменяют человеческие инстинкты.

Безусловно, машина начинает брать на себя интеллектуальные «штучки». В этой связи мало кто обратил внимание на заключение суда по делу о катастрофе россий-

ского самолета над Баденским озером в Швейцарии. А ведь это решение означает, по сути дела, юридическое оформление рождения новой, технетической реальности. Ведь швейцарский суд фактически постановил: человек-оператор должен действовать так, как велит ему машина. Мы обязаны слушаться автоматику. Между прочим, еще раньше именно пренебрежение этим законом и привело к чернобыльской катастрофе.

Твое, человек, дело – выполнять указания машины. Нас, как биологических существ, ждет подчинение технической реальности. Техническая реальность поглощает биологическую. Биологическое постепенно встраивается в техническое. Поглощается.

Неудачный физический эксперимент

Высказываются опасения, что опыты по созданию микроскопических чёрных дыр на ускорителях, конденсации нейтронов и другие высокоэнергетичные эксперименты могут привести к опасным глобальным последствиям. Опасность экспериментов прямо связана с возможностью наличия неизвестных нам фундаментальных физических законов. Вопрос этот трудно решить вероятностным образом. В 20 веке уже было несколько открытий фундаментальных законов и некоторые привели к созданию новых опасных видов оружия – хотя к концу 19 века картина мира казалась завершённой. Это открытия радиоактивности, квантовой механики, теории относительности, а в последнее время – тёмной материи и тёмной энергии.

Считается, что современные эксперименты на ускорителях не дотягивают на многие порядки до энергий, которые возникают в результате естественных столкновений космических лучей, происходящих в атмосфере Земли. В течение всего XX века каждые 10 лет энергия, достигаемая на ускорителях, возрастала в 10 раз. И хотя сейчас обычные ускорители подошли к своему физическому пределу по размерам, есть принципиально другой способ достигать тех же энергий на установках размером с рабочий стол – речь идёт о разгоне частиц в ударной волне импульсного лазера.

2.5. Вопросы моральной ответственности за будущее

XX век стал эпохой качественно нового осмысления целей человеческого бытия. Вектор ответственности направлен в «бессрочное» будущее. «Выбирая себя, человек выбирает всё человечество» (Ж.-П. Сартр). На смену традиционной нормативной этике долга пришла этика ответственности.

Переворот в осознании ответственности произошел не случайно. Бурное развитие науки и техники сделало, казалось бы, возможным представлявшееся ранее иллюзорным абсолютное господство человека над природными стихиями. Когда растущий технологический потенциал превосходит возможности культурных регуляторов, наступает ощущение вседозволенности и безнаказанности.

Но взрыв атомной бомбы в Хиросиме обнаружил оборотную сторону этой мощи, став сигналом нависшей над человеком смертельной угрозы. Второй глобальной катастрофой, связанной с ядерной энергией, стал Чернобыль, третья может быть последней.

Все существующие ныне глобальные проблемы сами по себе могут рассматриваться как апокалиптические. Наше влияние на земную природу растет в геометрической прогрессии и достигло такого уровня, когда предельно остро встал вопрос о планетарном балансе человека и природы, исключающем катастрофы, поскольку даже локальные безответственные действия могут дать начало катаклизмам глобального характера. Это придает императивный характер нравственному, т.е. ответственному

отношению к окружающей среде. Возросшие возможности человеческой деятельности позволяют также воздействовать на природу человека, опровергая представления о ее неизменности и самоценности. Все это по-новому ставит вопрос о масштабах и формах ответственности человека и человечества в современных условиях[29,31,33,49,60,62,67,75,80,85].

Своеобразным прорывом в этом отношении стал выход в свет труда широко известного на Западе немецко-американского мыслителя Ганса Йонаса (1903-1993) «Принцип ответственности. Опыт этики для технологической цивилизации» (1979). В нем содержится эскиз новой этики, построенной вокруг принципа ответственности за будущее, утверждаемого Йонасом в качестве категорического императива. В работах «Принцип ответственности» и «Техника, медицина и этика. К практическому приложению принципа ответственности» Йонасом были заново поставлены «вечные» вопросы и предприняты попытки их решения, находящие сегодня отражение почти во всех отраслях науки и общественно-политической жизни.

Г. Йонас создал оригинальную синтетическую теорию моральной ответственности за будущее в условиях тотальной технизации всего человеческого общества.

Современные формы жизни таковы, что человек не может быть индивидуально ответственным, так как результаты деятельности зависят не только от него самого. Не имея возможности отвечать за другого, субъект не может избавить себя от психологического давления необходимости этой ситуации. Потому так актуальна проблема распределения индивидуальной и коллективной ответственности. В ситуации нашего времени человек оказывается решающей величиной по отношению к своим возможностям; получив желанную свободу, он, тем не менее, не может действовать ответственно именно тогда, когда это более всего необходимо с точки зрения исторической ситуации. Предлагаемый Йонасом принцип трактуется как идеализированный и рассматривается как выражение экстремального давления ответственности на фоне современных диалектических концепций данного морального феномена.

Техника, бывшая раньше платой необходимости, становится самым значительным предприятием, призванием, «профессией» человека, считает Йонас. Новая историческая динамика – результат приобретения техникой власти над обществом, вследствие ее амбивалентного характера и гипостазирования нашей собственной силы в «вид самодеятельной (автоматической) силы», которой мы – ее исполнители – подчиняемся.

Речь идет о технологическом синдроме как признаке современной цивилизации. Власть *homo faber* (*«человек умелый»*) над его внешним объектом означает также триумф во внутренней организации homo sapiens, преодоление самого человека, его природы (например, увеличение продолжительности жизни, контроль над поведением, возможность «творения» человека по какому-либо образцу). Стираются границы между «внешней» и «внутренней» природой человека.

Вмешательство в природу человека, по Йонасу, это «интервенция производителя» и извращенная форма человеческой свободы, «власть» живущих над будущими поколениями. Технически покоренная природа вновь включает в себя человека, противопоставлявшего себя ей в качестве господина. Господство над природой в генной инженерии превращается в акт покорения себя самого, что ставит проблему автономии и универсальности морали. Поэтому принцип Йонаса имеет огромную практическую значимость в сфере новых высоких технологий, в том числе генной инженерии.

Технический прогресс нейтрализовал ценность природы, затем человека, породил моральный нигилизм и способствовал возникновению своеобразного этического «вакуума». Йонас, по сути, вводит понятие «технологического фатализма», поскольку будущее, на которое направлена новая этика, воспринимается как техногенное. В современной философии техники учение Йонаса может быть отнесено к пессимистическому варианту гуманитарного направления (М. Хайдеггер, К. Ясперс, Л. Мэмфорд, Ж. Эл-люль).

Новая деятельность рождает «новый категорический императив». Формулировки, приводимые Йонасом, подразумевают его безусловный характер.

• «Поступай так, чтобы последствия твоего действия были в согласии с непрерывностью подлинной человеческой жизни на Земле».

• «Поступай так, чтобы последствия твоего действия не были разрушительными для будущей возможности такой жизни».

• «Не подвергай опасности условия неопределенно долгого продолжения человечества на Земле».

• «Включай в твой настоящий выбор будущую целостность человека как сообъекта твоей воли».

В отличие от кантовского категорического императива, йонасовский обращен к коллективному субъекту и социально-политической деятельности. Подлинная жизнь сводится к онтологической идее человека: «человечество должно быть» – и только потом это бытие может осуществляться лучшим образом.

Новая роль знания в морали возникает в связи со все увеличивающейся пропастью между последствиями деятельности, имеющими кумулятивный характер, и прогнозом о них. Философ актуализирует библейский мотив «страха и трепета». В качестве решающего принципа в науке, экономике и политике, по Йонасу, должен выступать, как разновидность «сравнительной футурологии», принцип «эвристики страха» – принцип максимальной предусмотрительности, необходимости преимущества пессимистического прогноза перед оптимистическим, действия из состоянии страха перед будущем. Тем не менее, это не принцип фатализма, а так называемый «оптимизм без иллюзий». В современных условиях «эвристика страха» все более актуализируется и латентно присутствует в языке СМИ, литературе и кинематографе, таких эмпирических методах научного исследования, как экстраполяция и прогнозирование.

Йонас утверждает, что современное могущество распространило «город», бывший ранее «анклавом» внутри природы, на всю земную природу. Если природа поддерживает цели, соответственно, ставит задачи, значит, она полагает ценности. В жизни, постоянно содержащей в себе возможность смерти, наиболее выразительным становится «самоутверждение бытия». Глобальный экологический кризис, непредсказуемая стихийная динамика технической цивилизации в условиях острого планетарного цейтнота, а также угроза человеческому достоинству требуют все большего участия нравственности и делают ответственность «заповедью».

Прогресс напоминает о постоянной готовности к его негативным последствиям, т.е. его отрицательному (вредному) использованию. Не один ученый в лаборатории, а весь исследовательский коллектив должен принимать решение: поддержать или прекратить эксперимент и, тем самым, ограничить его последующее применение. Это первый шаг на пути к общечеловеческой ответственности. Объективность в науке – требование методологической свободы от ценностей – должна перерасти в «расширенную объективность», смыслом которой становится раскрытие ценностного статуса вещей.

Идеал Бэкона подразумевал, что все открытия совершаются из сочувствия и с целью улучшения человеческого общества. И общество в основном продолжало благосклонно смотреть на науку вплоть до первого атомного взрыва в конце Второй мировой войны, который послужил своего рода критическим рубежом. Как выразился Роберт Оппенгеймер, «физики познали грех». Когда были изобретены методы получения рекомбинантных ДНК — основные методы современных исследований в области генетики, научное сообщество быстро распознало возможную опасность новой технологии и ее социальные последствия, после чего попыталось выработать комплекс мер по ограничению исследований, даже если отдельные члены сообщества и не были согласны с такими мерами.

Если исходить из социокультурного контекста, понятно, почему генетика пробуждает такой интерес и почему открытия в ее области имеют такие далеко идущие

последствия. В последние годы была открыта молекулярная основа наследственности, расшифрован генетический код; создаются новые искусственные гены; в пробирках выращиваются вирусы; из клеток зрелого организма создаются идентичные близнецы лягушек и овец; в пробирках оплодотворяются человеческие клетки; женщинам пересаживают эмбрионы; врачи лечат многие наследственные заболевания; выращиваются гибриды крыс и мышей.

Все эти открытия и исследования привлекают интерес общества не только потому, что они обещают открыть многие тайны жизни, но и потому, что позволяют менять свойства живых организмов, то есть вмешиваться в процесс эволюции. Земледельцы эпохи неолита меняли свойства растений и животных посредством искусственного отбора. Современная наука предлагает возможность создавать новые организмы для тех или иных целей, поставленных человеком: растения, синтезирующие удобрения прямо из воздуха; бактерии, производящие человеческие белки; бактерии, которые питаются загрязняющими веществами или производящие белки из нефти; вирусы, переносящие человеческие гены.

Как и в других областях науки, наши знания в генетике можно использовать как во благо, так и во вред живому. Метод излечения наследственных заболеваний можно использовать и для передачи этих заболеваний, а возможность диагностировать и предупреждать развитие наследственных дефектов до рождения ставит перед нами вопрос: кто будет решать, что то или иное явление представляет собой дефект и на каком основании? Доведенная до полного абсурда идея об очищении расы не исчезла с падением нацистской Германии и продолжает находить своих сторонников в различных расистских и фашистских группировках. Не стоит забывать и о том, что не всегда возможно предсказать, какие свойства приобретет организм, если изменить его генетическую структуру — новые свойства могут оказаться и нежелательными.

2.6. Роль науки и технологии в современном мире

Террористические акты в США 11 сентября 2001 года указывают, что наука и технология, которые порождают современный мир, сами по себе являются ключевыми уязвимыми точками нашей цивилизации. Самолеты, небоскребы — все эти символы современности — были превращены в оружие одним прикосновением злонамеренной изобретательности[15,17,21,31,38,56,68,71,74,77].

Будущее и его ужасающие возможные варианты можно проследить двумя книгами: «1984» Джорджа Оруэлла (первая публикация в 1949 году) и «О дивный новый мир» Олдоса Хаксли (вышла в 1932 году).

Эти две книги были куда более провидческими, чем можно было догадываться в то время, потому что в них описывались две разные технологии, которым предстояло возникнуть и определить мир на срок жизни двух следующих поколений.

В романе «1984» описывалось то, что мы теперь называем информационными технологиями: залогом успеха огромной тоталитарной империи, установленной в Океании, было устройство, названное телекраном — плоский дисплей во всю, стену, который мог одновременно принимать и посылать изображения из каждого отдельного дома всевидящему Старшему Брату. Телекран позволил осуществить всеобъемлющую централизацию всей общественной жизни под властью Министерства Любви и Министерства Правды: правительство слышало каждое слово и видело каждое движение своих подданных по вездесущей проводной сети.

В романе «О дивный новый мир» речь идет об иной великой технологической революции — биотехнологической. Бокановскизация — выращивание людей не в утробе, но, как мы сейчас сказали бы, «ин витро»; наркотик «сома», дающий людям немедленное счастье; «ощущалки», где ощущения имитируются имплантированны-

ми электродами, и модификация поведения — постоянным повторением на уровне подсознания; а если это не помогает — тогда введение различных искусственных гормонов. Довольно жуткая получается картина.

Многие технологии, которые провидел Хаксли — например, оплодотворение *ин витро*, суррогатное материнство, психотропные средства и генная инженерия для изготовления детей, — уже есть или маячат на горизонте. Но эта революция только начинается; ежедневная лавина сообщений о прорывах и достижениях в биомедицинской технологии, таких как завершение проекта «Геном человека», предвещает куда более серьезные проблемы.

В романе зло не так очевидно, потому что никто не страдает, — ведь это мир, где каждый получает, что хочет. Как говорит один из персонажей: «Главноуправители поняли, что насилием немногого добьешься» и что лучше соблазнять, а не вынуждать людей жить в упорядоченном обществе. Из этого мира изгнаны болезни и социальные конфликты, в нем нет депрессии, безумия, одиночества или горя, секс приятен и всегда доступен. Есть даже министерство, которое гарантирует, что время между появлением желания и его удовлетворением будет сведено к минимуму. Никто больше не принимает религию всерьез, никто не уходит в себя и не питает страсти без взаимности, биологическая семья отмерла, Шекспира никто не читает. Но никто (кроме Джона Дикаря, героя книги) без этих вещей и не страдает, поскольку все счастливы и здоровы.

Пусть люди этого мира здоровы и счастливы, но они перестали быть людьми. Они не борются, никуда не стремятся, не любят, не страдают, не совершают трудный нравственный выбор, не имеют семей и ничего вообще не делают такого, что мы традиционно считаем человеческим. У них более нет свойств, дающих человеческое достоинство. И действительно, никакого рода человеческого больше нет, ибо людей выращивают искусственно Главноуправители в виде отдельных каст альфа, бета, эпсилон и гамма и касты эти отличаются друг от друга сильнее, чем люди от животных. Их мир стал неестественным в самом глубоком смысле, который только можно себе представить, потому что изменилось естество человека. Говоря словами специалиста по биоэтике Леона Касса: «В отличие от людей, ущемленных болезнью или рабством, дегуманизированные по типу «Дивного нового мира» не несчастны; они не знают, что они дегуманизированы, и того хуже — если бы знали, им было бы все равно. Это счастливые рабы с рабским счастьем».

Хаксли был прав, что наиболее серьезная угроза, создаваемая современной биотехнологией, — это возможность изменения природы человека и в силу того — перехода к «постчеловеческой» фазе истории.

Человеческая природа существует, и это понятие является существенным. Оно создает стабильную преемственность нашего видового опыта. Человеческая природа формирует и ограничивает все возможные виды политических режимов, и потому технология, достаточно могучая, чтобы изменить нас, может иметь потенциально зловещие последствия для либеральной демократии и самой природы политики.

Может оказаться, что последствия биотехнологии полностью и на удивление благоприятны, и зря мы по этому поводу страдали. Вполне может выясниться, что эта технология окажется куда как менее мощной, чем мы полагаем сегодня, или что люди будут ее использовать умеренно и осторожно. Но одна из причин заключается в том, что в этой технологии в отличие от других научных достижений грань между очевидными преимуществами и вкрадчивым злом провести невозможно.

Могут существовать продукты биотехнологии столь же очевидные по опасностям, которые они представляют для человечества, — например, сверхнасекомые, новые вирусы или генетически модифицированные продукты питания, дающие токсические реакции. С ними, как с ядерным оружием или нанотехнологней, в каком-то смысле разобраться легче всего, потому что осознав их опасность, можно в дальнейшем рассматривать их как прямую угрозу. Но наиболее типичные угрозы, порождаемые биотехнологией, это те, которые так хорошо описал Хаксли, и они ре-

зюмированы в названии статьи романиста Тома Вулфа: «Извините, но у вас просто умерла душа». Во многих случаях медицинская техника предлагает нам сделку с дьяволом; продление жизни — но со снижением умственных способностей; избавление от депрессии — но и от творческой силы духа; медикаментозная терапия, стирающая грань между тем, чего мы достигаем сами и чего достигаем с помощью воздействующих на мозг химикатов.

Рассмотрим следующие три сценария, каждый из которых описывает различные варианты, которые могут реализоваться в ближайшие тридцать—пятьдесят лет.

Первый связан с новыми лекарственными средствами. В результате прогресса нейрофармакологии психологам стало известно, что человеческая личность куда пластичней, чем предполагалось ранее. Уже сейчас такие психотропные средства, как прозак или риталин, усиливают некоторые черты характера, например, самооценку и способность к сосредоточению, но они же могут порождать сонмы нежелательных побочных эффектов, и потому их стараются не применять, кроме случаев явной клинической необходимости. А в будущем, когда знание геномики позволит фармацевтическим компаниям делать лекарства на заказ согласно генетическому профилю пациента, нежелательные побочные эффекты будут весьма сильно подавлены. Флегматики станут живыми и веселыми, мрачные люди — открытыми и общительными. Можно будет носить одну личность в среду и совсем другую — на выходные. Не будет больше извинений подавленным или несчастливым. Даже «нормально» довольные люди смогут сделать себя еще довольнее, не беспокоясь о привыкании, похмелье или повреждении мозга при долговременном использовании.

Во втором сценарии успехи исследований стволовых клеток позволят ученым регенерировать практически любую ткань тела и ожидаемая продолжительность жизни перевалит далеко за сто лет. Если человеку потребуется новое сердце или печень, их просто вырастят в теле коровы или свиньи; повреждения мозга от болезни Альцгеймера или инсульта станут обратимыми. Единственная проблема здесь — что есть множество тонких и не слишком тонких аспектов старения человека, которые биотехнологическая индустрия еще не до конца придумала, как лечить: у человека развивается умственная окостенелость, он фиксируется с возрастом на своих взглядах, и как бы люди ни пытались, им не повысить свою сексуальную привлекательность и не добиться успеха у партнеров репродуктивного возраста. Хуже всего то, что они не захотят уходить с дороги не только своих детей, но и внуков и правнуков. С другой стороны, так мало людей будут иметь детей или какую бы то ни было связь с традиционным размножением, что это вряд ли будет важно.

В третьем сценарии богатые стандартным образом проверяют эмбрионы до имплантации и таким образом заводят себе оптимальных детей. По внешнему виду и интеллекту юноши или девушки все четче определяется их социальное происхождение; человек, не отвечающий социальным ожиданиям, обвиняет в этом не себя, а генетический выбор своих родителей. Человеческие гены пересаживают животным и даже растениям — для научных целей и для создания новых медицинских препаратов; животные гены добавляются некоторым эмбрионам, чтобы улучшить их физическую выносливость и сопротивляемость болезням. Ученые не решаются изготовлять полномасштабные химеры, полулюдей-полуживотных, хотя и могут, но молодые люди начинают подозревать, что их товарищи по школьной скамье, сильно от них отстающие, генетически не вполне люди. Тем более что так оно и есть.

Томас Джефферсон под самый конец жизни писал: «Общее распространение света науки открыло каждому взгляду ту истину, что массы человеческие не рождаются с седлом на спине, как не рождаются немногие избранные в сапогах со шпорами, чтобы законно ездить на них верхом милостию Божией».

Мы весьма различаемся как индивидуумы, но обладаем общей человеческой сутью, той, которая открывает каждому человеку возможность общаться с любым другим человеком на планете и входить с ним в некие моральные связи. И окончательный вопрос, который поднимает биотехнология, таков: что случится с политиче-

скими правами, если мы действительно сможем вывести две породы людей; одну — с седлами на спинах, а другую — со шпорами на сапогах?

Как должны мы реагировать на биотехнологию, которая сочетает обещание колоссальных потенциальных выгод с угрозами, как физическими и явными, так духовными и весьма скрытыми? Ответ очевиден: мы должны использовать силу государства, чтобы эту технологию регламентировать. А если регламентация ее окажется не по силам любому отдельно взятому национальному государству, потребуется международное регулирующее законодательство. И надо начать конкретно продумывать, какие необходимо создать институты, чтобы отличать хорошие применения биотехнологии от плохих и как заставить эти законы работать на национальном и международном уровнях.

Этот очевидный ответ не столь уж очевиден многим участникам современных биотехнологических дебатов. Дискуссия завязла в трясине несколько абстрактных споров об этичности таких процедур, как клонирование или исследование стволовых клеток, и спорящие разделились на два лагеря: одни согласны все разрешить, а другие хотели бы запретить обширные области исследований и приложений. Эти споры с далеко идущими последствиями, конечно, важны, но события развиваются так быстро, что нам скоро понадобятся более приближенные к практике правила, регламентирующие будущие направления с той целью, чтобы технология осталась служанкой человека, а не стала его госпожой. Поскольку равно маловероятным кажется, что будет разрешено все вообще или что удастся запретить многообещающие исследования, надо будет найти середину.

Создание новых регламентирующих институтов — не такая вещь, к которой можно отнестись легкомысленно, учитывая неэффективность, сопровождающую все усилия по регламентации. В последние тридцать лет в мире наблюдалось похвальное движение за дерегулирование больших секторов экономики каждой страны, от авиалиний до телекоммуникаций, а более глобальная цель — сузить область деятельности правительств и уменьшить ее масштаб. Возникшая в результате глобальная экономика — куда более эффективный генератор богатства и технологических новшеств. Излишняя регламентация в прошлом выработала у многих людей инстинктивную враждебность к вмешательству государства в любом виде и это отвращение на уровне коленного рефлекса будет одним из главных препятствий, мешающих взять биотехнологию человека под политический контроль.

Но важно понять следующее: то, что годится для одного сектора экономики, в другом будет бесполезно. Например, информационная технология создает для общества очень много удобств почти без вредных эффектов и потому подвергается лишь поистине ничтожному правительственному регулированию. С другой стороны, расщепляющиеся материалы и токсические отходы являются объектом жесткого государственного и международного контроля, поскольку свободная торговля ими явно была бы опасна.

Одна из самых больших трудностей при создании каких-либо правил для биотехнологии человека состоит в общем мнении: даже если желательно остановить развитие технологии, это все равно невозможно. Если США или любая другая страна попытается запретить клонирование человека или генную инженерию зародышевых путей, или любую другую процедуру, то люди, которые хотят этим заниматься, просто переедут в страну с более либеральной юрисдикцией, где запрета не будет. Глобализация и международная конкуренция в биомедицинских исследованиях не оставляют сомнений, что страны, стреножившие себя этическими ограничениями на исследования или биотехнологическую промышленность, будут за это наказаны.

Создание регламентации, которая позволит обществу разных стран контролировать биотехнологию человека — задача не простая: она потребует от законодателей всех стран мира взять на себя ответственность и принять трудные решения по сложным научным вопросам. Вид и форма новых институтов, предназначенных для внедрения новых законов, — вопрос полностью открытый. Устроить их так, чтобы они

не создавали заметных трудностей для полезных разработок и в то же время могли эффективно следить за выполнением законов — задача весьма трудная. И еще труднее и важнее вопрос о создании общих законов на международном уровне, выработка консенсуса среди стран с различной культурой и взглядами на основные вопросы этики. Но политические задачи сравнимой сложности уже успешно решались в прошлом.

Человеческая природа не определяет жестко поведение человека, но ведет к большому разнообразию в способах воспитания детей, правления, добывания средств к существованию и так далее. Постоянные усилия человечества по культурному самоизменению — вот что создает человеческую историю и прогрессивный рост сложности и разветвленности человеческих институтов.

Одной из основных движущих сил исторического процесса было и остается развитие науки и технологии и оно определяет горизонты производительных возможностей экономики, а потому и весьма во многом — структурные характеристики общества.

Однако нет гарантии, что технология всегда будет давать столь положительные политические результаты. В прошлом многие технологические достижения ограничивали свободу человека. Например, развитие сельского хозяйства привело к возникновению огромных иерархических обществ, в которых существенно проще стало ввести рабство, чем в эпоху охоты и собирательства. Ближе к нашему времени: Эли Уитни изобрел хлопкоочистительную машину и хлопок стал в начале девятнадцатого столетия главной товарной культурой американского Юга, что привело к реанимации там института рабства.

Не может быть конца истории без конца современной науки и технологии. Мы не только не видим сейчас такого конца, но, кажется, стоим на старте периода, невиданного в истории прогресса технологии. Биотехнология и более глубокое понимание наукой человеческого мозга будут иметь существенные политические последствия — они заново открывают возможности социальной инженерии, от которой отказались общества, обладавшие технологиями двадцатого века.

С сегодняшней точки зрения, средства социальных инженеров и авторов утопий прошлого столетия выглядят неимоверно грубо и ненаучно. Ни один из них не основан на знании неврологической структуры или биохимической основы мозга; ни в одном нет понимания генетических истоков поведения, а если есть, то нет никаких средств на них воздействовать.

И все это в ближайшие лет тридцать—пятьдесят может перемениться. Нет необходимости постулировать возвращение евгеники или генной инженерии на государственном уровне, чтобы увидеть, как это может случиться. По мере того как мы открываем не просто корреляцию, но фактические молекулярные связи между генами и такими чертами личности, как разум, агрессия, сексуальная идентичность, преступные склонности, алкоголизм и тому подобное, все яснее становится, что эти знания можно применить для конкретных социальных целей. Такое применение ставит ряд этических вопросов, встающих перед конкретными родителями, а также политический вопрос, который может подчинить себе всю политику. Если перед богатыми родителями вдруг откроется возможность усилить ум своих детей и их последующих потомков, то мы имеем основания не только для моральной дилеммы, но и для полномасштабной классовой войны.

Существуют многочисленные вопросы политического характера, возникающие в связи с наступлением биотехнологии — вызванные, например, завершением проекта «Геном человека», — которые надо решать быстро. Среди них — вопрос о генетической дискриминации и о тайне генетической информации.

В начале восемнадцатого века в Европе половина всех детей погибала, не дожив до 15 лет. Французский демограф Жан Фурастье указывал, что дожить до возраста 52 года было тогда достижением, поскольку удавалось не всякому и человек, который смог это сделать, вполне мог назвать себя долгожителем.

Рост продолжительности жизни — это только половина того, что случилось с населением развитого мира в конце двадцатого столетия. Второй важный факт — резкое падение коэффициента рождаемости. В таких странах, как Италия, Испания и Япония, общий коэффициент рождаемости (среднее число детей, рожденных женщиной за всю жизнь) лежит между значениями 1,1 и 1,5 — то есть намного ниже значения 2,2, обеспечивающего воспроизведение. Средний возраст населения США был около 19 лет в 1850 году и поднялся до 34 лет к девяностым годам двадцатого века. И это еще пустяки по сравнению с тем, что произойдет в первой половине двадцать первого века. В Соединенных Штатах средний возраст доберется почти до сорока, но в Европе и в Японии, где коэффициенты миграции и рождаемости еще ниже, дело будет хуже. Демограф Николас Эберштадт на основании данных ООН предполагает, что если не произойдет неожиданного скачка рождаемости, средний возраст населения в Германии составит 54, в Японии — 56 и в Италии — 58. Следует заметить, что в этих оценках не предполагается существенного роста ожидаемой продолжительности жизни. И если что-то из обещаний биотехнологии в этом смысле будет выполнено, то тогда половина населения развитых стран окажется не моложе пенсионного возраста.

Сейчас «поседение» населения развитых стран обсуждается в первую очередь в контексте социального обеспечения, перед которым оно ставит проблемы. Нависший кризис достаточно реален: например, в Японии, где к концу двадцатого века на каждого пенсионера приходилось по четыре работающих, примерно лет через тридцать будет два или меньше работающих на одного пенсионера. Но есть и другие политические следствия.

В то время как некоторые развивающиеся страны подошли к барьеру рождаемости, не обеспечивающей воспроизводство населения или даже перешли его, и их население стало уменьшаться, многие бедные страны, в том числе ближневосточные и страны околосахарской зоны, поддерживают высокие темпы роста населения. Это означает, что разделительная линия между первым и третьим миром начинает разделять не только доходы и культуру, но и возраст: в Европе, Японии и частично в Северной Америке средний возраст будет около 60, а у их менее развитых соседей — между 20 и 30 годами.

Кроме того, возрастная когорта, имеющая право голоса, будет в развитых странах сильнее феминизирована, частично потому, что женщины будут жить дольше мужчин, а частично из-за долговременного социологического тренда к большему участию женщин в политике.

Следовательно, мир может разделиться на Север, где тон в политике будут задавать женщины старшего возраста и Юг, где движущей силой будут сердитые молодые мужчины с развязанными руками.

Развитые страны будут тянуться к экономическому росту, а для его поддержания необходимо определенное население. Это означает, что раздел «Север—Юг» будет повторен в каждой стране, где стареющее коренное население будет жить рядом с культурно иным и существенно более молодым пришлым населением. США и другие англоязычные страны традиционно хорошо ассимилируют культурно отличные группы иммигрантов, но другие страны, такие как Германия и Япония с этим справляются хуже. Европа уже столкнулась с реакционными антииммиграционными движениями, такими как Национальный Фронт во Франции, блок «Влаамс» в Бельгии, «Лега Ломбарда» в Италии и Партия Свободы Йорга Хайдера в Австрии. В этих странах изменение возрастной структуры в связи с увеличением продолжительности жизни вполне может создать основу для роста социальных конфликтов.

Обязательный возраст отставки вошел в моду лишь в конце девятнадцатого века, когда все больше и больше людей стали доживать до старости. Бисмарк, впервые в Европе создавший систему социального обеспечения, установил возраст отставки в 65 лет — то есть возраст, до которого мало кто в те времена доживал.

Сегодня генная инженерия обычно используется в сельскохозяйственной биотехнологии для создания генетически модифицированных организмов, таких как ку-

куруза Bt (вырабатывающая собственные инсектициды) или соевые бобы Roundup Ready (устойчивые к определенным гербицидам), — продуктов, которые стали средоточием возражений и протестов во всем мире. Следующий шаг прогресса, очевидно, применить эту технологию к людям. Генная инженерия человека самым прямым образом поднимает вопрос о новом виде евгеники, со всеми соответствующими моральными последствиями, которыми это чревато в мире, и в результате — о возможности изменения природы человека.

Но несмотря на завершение проекта «Геном человека», современная биотехнология сегодня очень далека от возможности модифицировать ДНК человека так, как модифицируется ДНК кукурузы или мясного скота. Некоторые утверждают, что на самом деле мы никогда не придем к такой возможности и что дальние перспективы генетической технологии сильно преувеличены амбициозными учеными и биотехнологическими компаниями, ищущими быстрой выгоды. Изменение человеческой природы, по утверждению некоторых, невозможно сейчас и еще долго не будет стоять на повестке дня современной биотехнологии. Значит, нам нужна взвешенная оценка того, каких достижений можно от этой технологии ожидать и ощущение препятствий, с которыми она может в конце концов встретиться.

Проект «Геном человека» был большой работой, финансируемой Соединенными Штатами и другими правительствами, и его целью была расшифровка всей последовательности ДНК человека, как расшифрованы последовательности ДНК низших живых существ, нематод и дрожжей. Проект «Геном человека» не был бы возможен без параллельного прогресса в информационных технологиях, необходимых для регистрации, каталогизации, поиска и анализа миллиардов оснований, составляющих человеческую ДНК. Слияние биологии и информационной технологии привело к возникновению новой науки, известной как биоинформатика. Что станет возможно в будущем — сильно зависит от возможности компьютеров интерпретировать непостижные уму объемы данных, генерируемых геномикой и протеиномикой для построения надежных моделей такого феномена, как складывание белка.

Просто идентифицировать гены в геноме — еще не значит знать, что они делают. За последние двадцать лет достигнут большой прогресс в поиске генов, связанных с муковисцидозом, серповидно-клеточной анемией, хореей Гентингтона, болезнью Тея-Сакса и так далее. Но это все в некотором смысле простые нарушения, в которых патологию можно проследить до неверной аллели, до кодирующей последовательности в одном гене. Другие же болезни могут вызываться множеством генов, взаимодействующих между собой сложным образом: некоторые гены управляют экспрессией (то есть активизацией) других генов, есть такие, которые сложным образом взаимодействуют со средой, некоторые гены дают два или больше эффекта, а некоторые порождают эффекты, которые нельзя заметить до более поздних жизненных стадий организма.

Когда же дело доходит до состояний и поведения более высокого порядка, таких как интеллект, агрессия, сексуальность и прочее, то сегодня мы знаем лишь по исследованиям генетики поведения, что какие-то генетические причины здесь действуют. Но мы понятия не имеем, какие гены в конечном счете за что отвечают, и подозреваем, что причинно-следственные связи здесь невероятно сложны. Говоря словами Стюарта Кауфмана, основателя и главного научного специалиста группы «БиосГруп», эти гены «составляют в некотором роде химический компьютер с распараллеливанием процессов, где гены все время включают и выключают друг друга в густо переплетенной сети взаимодействий. Пути прохождения сигналов между клетками связаны с путями генетической регуляции таким сложным образом, что мы лишь начинаем его распутывать».

Главным призом современной генной технологии будет «младенец на заказ». Имеется в виду, что генетики найдут «гены» таких свойств, как интеллект, рост, цвет волос, агрессивность или самооценка, и с помощью этого знания создадут «улучшенный» вариант того же ребенка. Упомянутый ген может даже быть взят не от человека. В конце концов, именно это делается в сельскохозяйственной биотехнологии.

Многие болезни человека вызываются взаимодействием нескольких генов; бывает также, что один ген имеет несколько эффектов. Одно время считалось, что каждый ген продуцирует одну информационную РНК, которая в свою очередь продуцирует белок. Но поскольку в геноме человека на самом деле содержится порядка 30 000, эта модель оказывается несостоятельной, так как белков, составляющих тело человека, куда больше 30 000. Это заставляет предположить, что некоторые одиночные гены играют роль в создании множества белков, а потому имеют множественные функции. Например, аллель, ответственная за возникновение серповидно-клеточной анемии, также дает устойчивость против малярии, именно поэтому она обычно встречается у чернокожих, происходящих из Африки, где малярия — одно из главных заболеваний. А значит, исправление гена серповидно-клеточной анемии может повысить подверженность заболеванию малярией — пусть это не важно для обитателей Северной Америки, однако способно сильно повредить носителям нового гена в Африке. Гены теперь сравнивают с экосистемой, где каждый фактор влияет на все остальные. Когда ген меняется в результате мутации или заменяется другим, очень вероятно возникновение побочных и быть может неприятных эффектов.

Второе существенное препятствие на пути генной инженерии человека связано с этикой экспериментов на людях. Национальная консультативная комиссия по биоэтике, настаивая на запрете клонирования человека в ближайшее время, выдвигала в качестве главной причины опасность экспериментов на людях. Чтобы добиться успеха с клонированием Долли, потребовалось 270 неудачных попыток. Многие неудачи произошли на стадии имплантации, но все же почти 30% животных были рождены с серьезными аномалиями.

Так означают ли эти ограничения генной инженерии, что какие бы то ни было осмысленные изменения человеческой природы в обозримом будущем не рассматриваются? Есть несколько причин проявить осторожность в высказывании такого решения раньше времени.

Первая связана с потрясающей и во многом непредвиденной скоростью научного и технического прогресса в науках о жизни. В конце восьмидесятых среди генетиков царило твердое согласие, что невозможно клонировать млекопитающее из соматических клеток взрослой особи — эта точка зрения исчезла после появления Долли в 1997 году.

Еще только в середине девяностых генетики предсказывали, что проект «Геном человека» будет завершен где-то между 2010 и 2020 годами. Фактическая дата, когда новые и весьма автоматизированные программируемые машины закончили работу — июль 2000 года.

Невозможно предсказать, какие новые пути уменьшения сложности стоящей перед нами задачи возникнут в последующие годы. Вот пример: мозг есть архетип так называемых сложных адаптивных систем, то есть систем, созданных из многочисленных агентов (в данном случае нейронов и других клеток мозга), действующих по относительно простым правилам, но дающих весьма сложное адаптивное поведение на уровне системы. Любая попытка моделирования мозга с использованием лобовых методов— то есть таких, которые пытаются воспроизвести все миллиарды нейронных связей — почти наверняка обречена на провал. С другой стороны, сложная адаптивная модель, пытающаяся моделировать сложность на уровне системы как возникающее свойство, может иметь куда больше шансов на успех. То же самое может оказаться верным и для взаимодействия генов.

То, что генная инженерия даст непланируемые последствия и что она, быть может, не даст тех последствий, на которые многие надеются — не аргумент в пользу того, что никто не попытается ее осуществить.

Биотехнология ставит перед нами серьезную моральную дилемму, поскольку любые наши возражения против прогресса должны быть умерены признанием неоспоримых положительных перспектив.

Самые твердые основания для протестов против генной инженерии человека дает религия, и потому неудивительно, что большая часть сопротивления всем новым репродуктивным технологиям исходит от людей с религиозными убеждениями.

Согласно традиции, общей для иудаизма, христианства и ислама, человек создан по образу Божию. Это — особенно для христиан — имеет важные следствия для человеческого достоинства. Есть резкое различие между человеком и прочими творениями: только человек обладает способностью к нравственному выбору, свободой воли и верой — именно эти способности придают ему более высокий моральный статус, чем остальным животным. Бог дает ему эти способности посредством природы, а потому нарушение природных норм, таких как рождение детей посредством половой жизни и воспитание их в семье, есть также нарушение воли Божией.

Так же и с биотехнологией. Хотя беспокойство насчет непреднамеренных последствий и непредвиденных затрат вполне разумно, самый глубокий страх перед этой технологией имеет отнюдь не утилитарную природу. Скорее это страх перед тем, что в конечном счете биотехнология принесет нам утрату нашей человеческой сущности — то есть важного качества, на котором держится наше ощущение того, кто мы такие и куда идем, какие бы ни происходили изменения с человеком за всю его историю. Хуже того, это изменение мы можем провести, не зная, что теряем что-то весьма и весьма ценное. Таким образом, мы можем вдруг очутиться по ту сторону барьера между человеческой и постчеловеческой историей и даже не увидеть, когда мы перевалили водораздел, потому что перестанем понимать, о чем идет речь.

А что же это за человеческая сущность, опасность потерять которую нам может угрожать? Для человека религиозного это, возможно, нечто вроде искры Божией, с которой рождается каждый человек. Со светской точки зрения, это нечто, имеющее отношение к природе человека: специфичные для вида свойства, общие для всех людей как таковых. Вот что, в конечном счете, ставится на карту в биотехнологической революции.

Согласно декрету Совета Европы о клонировании человека: «Использование людей как орудий путем намеренного создания генетически идентичных людей противоречит человеческому достоинству и потому является злоупотреблением медициной и биологией». Человеческое достоинство — одна из тех концепций, которую политики, как вообще все участники политической жизни, упоминают через слово, но которую почти никто не может четко определить или объяснить.

Некоторые новые технологии с самого начала нас пугают и согласие относительно необходимости установить политический контроль над их разработкой и применением возникает сразу. Когда в Аламогордо, Нью-Мехико, летом 1945 года взорвалась первая атомная бомба, никто из свидетелей этого события не мог не понять, какая страшная разрушительная мощь появилась в руках людей. Итак, ядерное оружие с самого начала требовало политического контроля: частным лицам было не разрешено свободно развивать ядерную технологию или ввозить компоненты, необходимые для создания атомных бомб, а со временем государства, подписавшие в 1968 году договор о нераспространении, согласились контролировать международную торговлю ядерными технологиями.

Другие новые технологии оказались куда более мирными и потому регулируются законодательно намного меньше или не регулируются совсем. Примеры тому — персональные компьютеры и Интернет: эти новые формы информационных технологий (ИТ) сулят в перспективе создание процветания, распространение доступа к информации (а потому и к власти) более демократическим образом и порождают объединения своих пользователей. Тем, кто хочет найти обратную сторону Информационной революции, приходится сильно напрягать зрение, а найти пока удалось только вопросы так называемого «электронного раздела» (digital divide — имеется в виду неравенство доступа к ИТ) и угрозы для частной жизни — ни то, ни другое нельзя назвать потрясением основ справедливости или морали. Вопреки усилиям со стороны наиболее осторожных режимов взять под контроль использование ИТ, эти технологии в

последние годы расцветают с минимальным законодательным надзором как внутри государств, так и на международном уровне.

Биотехнологии попадают где-то между двумя этими крайностями. Трансгенные посевы и генная инженерия человека вызывают у людей куда больше беспокойства, чем Интернет и персональные компьютеры. Но биотехнология также обещает многое для здоровья и благополучия человека. Когда ее заранее представляют как средство вылечить ребенка от муковисцидоза или диабета, людям трудно сформулировать причины, почему их тревоги должны встать на пути прогресса. Проще всего было бы возразить против какой-то новой биотехнологии, если бы ее испытание проводилось небрежно или если бы генетически измененные пищевые продукты вызывали опасные аллергические реакции. Однако на самом деле угрозы биотехнологии куда более тонкие, а потому их намного труднее учесть в любых утилитарных расчетах.

Перед лицом проблем, которые ставит перед нами подобная технология, где хорошее и плохое тесно переплетены, существует только одно возможное решение: государства должны политически регулировать разработку и применение таких технологий, организовав институты, которые будут различать технологический прогресс, способствующий процветанию человека и прогресс, составляющий угрозу человеческому достоинству и благополучию. Сначала эти институты должны быть созданы на национальном уровне, а впоследствии — выйти на международный.

Сегодня в обсуждении биотехнологий выделилось два полярных лагеря. Первый — либертарианский, который утверждает, что общество не должно и не в состоянии накладывать ограничения на развитие новых технологий. В этот лагерь входят исследователи, ученые, желающие раздвинуть границы знания, представители биотехнологической промышленности, которые хотят получить выгоды от свободного технологического развития, и в особенности в США и Великобритании, а также большая группа, идеологически приверженная сочетанию свободного рынка, дерегулирования и минимального вмешательства правительства в технологии.

Второй лагерь — неоднородная группа, испытывающая моральную тревогу по поводу биотехнологий, которая состоит из людей с религиозными убеждениями, энвиронменталистов, верящих в святость природы, противников новых технологий и людей с левыми убеждениями, которых беспокоит возможное возвращение евгеники. Эта группа предлагает запрет на целый ряд новых технологий: от оплодотворения ин витро и исследований стволовых клеток до трансгенных культур и клонирования человека.

Оба подхода — полное попустительство развитию биотехнологии и попытки широкого запрета различных ее направлений — ошибочны и нереалистичны. Определенные технологии, такие как клонирование человека, заслуживают полного запрета по причинам как внутренним, так и тактическим. Но почти все прочие формы биотехнологии, возникновение которых мы наблюдаем, требуют более дифференцированного подхода в законодательной регламентации. В то время как многие заняты заявлением своих этических позиций «за» и «против» различных технологий, почти никто не рассматривает конкретно, какого рода институты нужны, чтобы позволить обществу контролировать темпы и масштаб развития биотехнологии.

Сама по себе наука не может определить цели, которым она служит. Наука может открывать вакцины и средства от болезней, но может и создавать инфекционные агенты; может открывать физику полупроводников и физику водородных бомб. Наука как таковая абсолютно безразлична к тому, собирались ли опытные данные при скрупулезном соблюдении интересов людей — объектов исследования. В конце концов, данные есть данные и часто лучшие данные могут быть получены отступлением от правил или вообще полным отказом от них.

Развитие науки угрожает человеческой цивилизации?

Книги, предрекающие гибель человечеству, появляются достаточно часто.

В 2003 г. в Великобритании вышла в свет одна из таких книг — книга английско-

го ученого Мартина Риса «Наш последний час». В ней 60-летний ученый предупреждает о самых главных угрозах человечества в XXI веке. В их числе — ядерный терроризм, искусственно созданные смертоносные вирусы и генная инженерия, которая может изменять человеческий характер.

Автор — профессор Кембриджского университета, ведущий специалист в таких областях, как физика черных дыр и проблема возникновения и эволюции Вселенной. Кроме того, Мартин Рис известен в научной среде как специалист, никогда не имевший склонности к громогласным публичным высказываниям, способным посеять страх.

И вот именно он озвучивает идею о том, что если человечество хочет предотвратить чудовищные техногенные катастрофы, которые могут унести в этом столетии миллионы и даже миллиарды жизней, то ему, человечеству, необходимо рассмотреть возможность ограничения научных исследований в ряде конкретных областей.

Биотехнологии, компьютерные технологии и нанотехнологии становятся все более сложными, получают все более широкое распространение. Недостаточно обдуманные действия или даже злой умысел ученых либо одного ученого могут повлечь гибель нашей цивилизации. Есть ли у нас шанс выжить? «Думаю, что шансы у нынешней цивилизации на Земле дожить до конца текущего столетия не лучше, чем пятьдесят на пятьдесят», — уверен Мартин Рис.

Что может ускорить приближение катастрофы? Например, человек уже скоро сможет создать сверхминиатюрных самовоспроизводящих роботов. Они вырвутся из-под контроля и уничтожат все на нашей планете в поисках материалов, необходимых им для воспроизводства. Или еще пример. Физики в одном из экспериментов создадут, случайно или специально, черную дыру или «разрывы» в пространственно-временном континууме, что опять же приведет к гибели планеты.

По мнению ученого, теперь в науке ни одно решение о проведении эксперимента, способного повлечь катастрофические последствия, не должно приниматься до тех пор, пока население планеты или репрезентативная его часть не придут к выводу, что уровень риска лежит ниже удовлетворяющего всех порогового значения.

Но сколь близким к нулю должен быть риск, чтобы подобного рода эксперименты получили разрешение на проведение? Неужели все настолько серьезно?

Напомним о проекте, вызвавшем многочисленные споры. В Брукхейвенской национальной лаборатории на Лонг-Айленде (США) с помощью ускорителя элементарных частиц физики пытаются получить кварк-глюонную плазму — очень горячий и плотный «суп» из субатомных частиц, возникший 13,7 млрд лет назад — сразу после Большого взрыва, давшего начало нашей Вселенной. При проведении этого эксперимента создается очень высокая концентрация энергии. Вот один из вариантов дальнейшего развития события: образуется небольшая черная дыра, которая втягивает в себя все вокруг и уничтожает планету. Конечно, сторонники эксперимента предоставили расчеты, доказывающие, что ничего подобного не произойдет. Кроме того, существуют независимые оценки, показывающие, что подобные уровни концентрации энергии возникают в космическом пространстве естественным путем при взаимодействии частиц космических лучей — и катаклизмов вселенского масштаба не возникает. Мартин Рис соглашается с тем, что катастрофа очень и очень маловероятна. Но, тем не менее, предупреждает, что нельзя быть на сто процентов уверенным в том, что может реально произойти при проведении такого эксперимента. Стоит ли подвергать риску планету и людей, на ней живущих, даже если шансы возникновения подобной космической катастрофы чрезвычайно малы? Согласно некоторым оценкам, они составляют один на 50 миллионов.

В 2008 году закончилось строительство Большого андронного коллайдера (БАК) – ускорителя заряженных частиц встречных пучках, предназначенного для разгона протонов и тяжёлых ионов (ионов свинца) и изучения продуктов их соударений. Коллайдер построен в научно-исследовательском центре Европейского совета ядерных исследований, на границе Швейцарии и Франции, недалеко от Же-

невы. По состоянию на 2008 год БАК является самой крупной экспериментальной установкой в мире.

В начале 20 века в физике появились две основополагающие теории — общая теория относительности (ОТО) Альберта Эйнштейна, которая описывает Вселенную на макроуровне, и квантовая теория поля, которая описывает Вселенную на микроуровне. Проблема в том, что эти теории несовместимы друг с другом. Например, для адекватного описания происходящего в черных дырах (область в пространстве-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что покинуть её не могут даже объекты, движущиеся со скоростью света) нужны обе теории, а они вступают в противоречие. БАК позволит провести эксперименты, которые ранее было невозможно провести и вероятно, подтвердит или опровергнет часть этих теорий. В БАК физики хотят поймать бозон Хиггса, именуемый также «частицей Бога». На теоретическом обосновании ее существования строятся все современные теории происхождения вселенной. Если «частицу Бога» не найдут, все аккуратно выведенные физиками законы окажутся всего лишь неверными гипотезами.

БАК будет самым высокоэнергичным ускорителем элементарных частиц в мире, на порядок превосходя по энергии своих ближайших конкурентов.

Официальный запуск коллайдера был произведен 10 сентября 2008 года. После аварии в криогенной системе 19 сентября было принято решение, что БАК возобновит работу в июле 2009 года.

Некоторые специалисты и представители общественности высказывают опасения, что имеется отличная от нуля вероятность выхода проводимых в коллайдере экспериментов из под контроля и развития цепной реакции, которая при определённых условиях теоретически может уничтожить всю планету. Из-за подобных настроений БАК иногда расшифровывают как Last Hadron Collider (Последний Адронный Коллайдер). В этой связи наиболее часто упоминается теоретическая возможность появления в коллайдере микроскопических черных дыр, а также теоретическая возможность образования сгустков антиматерии и магнитных монополей с последующей цепной реакцией захвата окружающей материи.

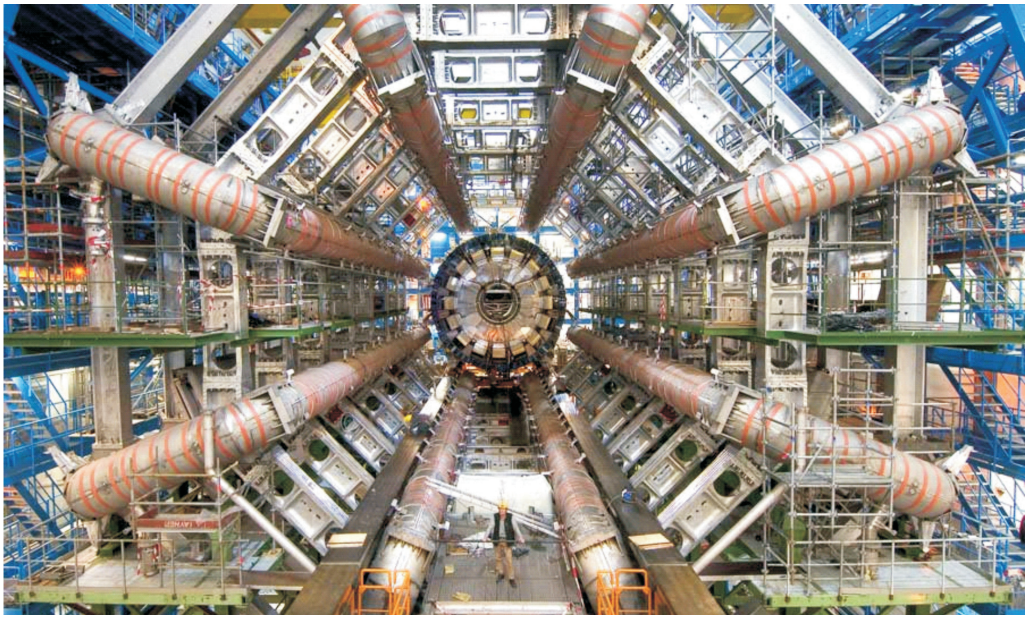


Рис. 4. Большой андронный коллайдер

ОТО в виде, предложенном Эйнштейном, не допускает возникновения микроскопических чёрных дыр в коллайдере. Однако они будут возникать, если верны теории с дополнительными пространственными измерениями. По мнению сторонников катастрофического сценария, хотя такие теории и умозрительны, вероятность того, что они верны, составляет десятки процентов. Излучение Хокинга, приводящее к испарению чёрных дыр, также является гипотетическим — оно никогда не было экспериментально подтверждено. Поэтому есть достаточно большая вероятность того, что оно не действует.

Ученый приводит список других угроз для человечества — это, по его мнению, ядерный терроризм, смертельные вирусы, вышедшие из-под контроля машины и генная инженерия, способная менять человеческую личность. Все они могут стать последствием как невинной ошибки, так и злонамеренных действий одного человека. Например, к 2020 году биотеррор или ошибка в биологических исследованиях могут стать причиной смерти 1 млн. человек, считает Рис. В ряд опасных технологий ученый поставил также исследования ДНК, нанотехнологии и клонирование, а также эксперименты с ускорителями частиц.

По мнению Мартина Риса, над человечеством всегда висел дамоклов меч всеобщего уничтожения и чем дальше, тем жить становится все рискованней и рискованней. Вряд ли мы живыми перевалим через следующий столетний рубеж. Если вероятность всемирной катастрофы до 1900 года можно было оценить в 20 % (Рис говорит, например, о всегда висевшей над нами угрозе столкновения с гигантскими астероидами, пандемиях и внезапной активизации «супервулкана», способного затмить продуктами своей деятельности свет на всей Земле), то в наше время при сохранении старых угроз появились новые — ядерные конфликты, экологические бедствия (в том числе угроза глобального потепления), искусственный интеллект, киборги, биотеррор и «биоеррор» («bioerror» — катастрофическая ошибка при выведении новых организмов с помощью биотехнологий, распространение смертельных вирусов, созданных в научных лабораториях).

Биотехнология может решить многие проблемы человечества, но может и приблизить его смертный час. «Впервые подвержена угрозе непредсказуемых изменений сама человеческая природа», — говорит Рис. Продукты биотехнологии и генная инженерия делают как никогда легким путь к пропасти, ведь всё может зависеть от неправильного решения или злого умысла одного-единственного человека или небольшой группы сторонников зловещего культа (вроде японской Аум Сенрикё или всем известной сейчас аль-Кайды). В качестве примера Рис приводит историю с паникой, которая охватила все Соединенные Штаты после 11 сентября 2001 года, когда вдобавок ко всему началось распространение сибирской язвы. Тысячи людей способны теперь проектировать вирусы и бактерии, которые в состоянии принести смерть миллионам. Даже если одна такая «извращённая личность» и не сможет погубить множество людей, этот тип биологического терроризма серьезно изменит нашу повседневную жизнь, предупреждает ученый.

Революция в информационной технологии может также сослужить дурную службу в распространении таких опасностей. Детали научных исследований теперь распространяются по всему свету чуть ли не со скоростью света. В то время как такое положение вещей несет вполне очевидные выгоды (например, астрономы-любители могут делать важные открытия и взаимодействовать при этом в режиме реального времени с профессионалами), то безусловно это палка о двух концах. Если ученые разгадывают генетический код специфического вируса (группа ученых из Университета Британской Колумбии (University of British Columbia) такое проделала недавно с вирусом SARS), то эта информация также может быть обнародована почти мгновенно. «Взаимодействие любительских астрономов безопасно, — говорит Рис, — но представьте подобную совместную работу международного сообщества биотехнологов-любителей!»

В список относительно свежих угроз техногенного характера Мартин Рис включил и бурно развивающуюся нанотехнологию. Есть ли хоть какая-то надежда для не-

счастного обреченного человечества? — задает сам себе вопрос Мартин Рис. В этом деле он, оказывается, осторожный оптимист. Чтобы попытаться обмануть судьбу, британский ученый призывает к лучшей организации научных исследований и пристальному вниманию общественности к критичным научным данным и экспериментам. «Мы должны держать под контролем тех, кто обладает потенциально опасным знанием», — напоминает Рис. Он также предлагает срочно предпринять усилия «по уменьшению числа людей, считающих себя чем-то исключительным, осознавшим свою инаковость, у которых может возникнуть желание причинить людям зло».

Теперь появились и иные угрозы. Не только технические изменения в этом столетии будут более быстрыми, чем ранее, это затронет и другие сферы. До сих пор одним из неизменных свойств на протяжении всей человеческой истории оставались человеческая природа и его физические данные; люди сами по себе не менялись, менялись лишь наше окружение и технологии. В этом столетии, похоже, человек изменится за счет генной инженерии, развития лекарственных средств, возможно, даже за счет вживления чего-нибудь в мозг для увеличения его способностей. Многое из того, что теперь кажется научной фантастикой, через сто лет может стать научным фактом. Фундаментальные изменения вроде этих, а также стремительное развитие биотехнологии, возможно — нанотехнологии, возможно — искусственного интеллекта, открывают захватывающие перспективы, но также и множество вариантов разрушения общества или даже всеобщего уничтожения.

Мы должны быть очень осторожными, если хотим пережить это быстрое развитие без серьезных проблем. В самое ближайшее время наибольшую угрозу будет представлять развитие биотехнологии и генной инженерии. Официальный доклад Национальной Академии Наук США 2006 года отмечает, что достаточно большое число людей могут получить возможность модифицировать вирусы так, что существующие вакцины будут неэффективны против них, что может привести к эпидемиям.

В марте 2006 года на пресс-конференции в центральном офисе «Интерфакса» в Москве выступил директор научно-исследовательского института (НИИ) вирусологии им. Ивановского РАМН Дмитрий Львов, который заявил, что до пандемии «птичьего гриппа» остался один шаг. «Не хватает одной аминокислотной замены в геноме, чтобы вирус стал передаваться от человека к человеку. И тогда начнется пожар». При этом Львов полагает, что средств от пандемии «птичьего гриппа» нет. «Все те, кто говорит, что можно бороться с распространением этого вируса, вероятно, могут предотвратить и землетрясение, цунами, ураган. Это природный катаклизм и никто не может бороться с этим», — сказал академик. По его оценке, пандемия «птичьего гриппа» может поразить за короткое время до одной трети населения Земли, и человеческие потери в случае пандемии будут исчисляться десятками миллионов жизней.

Пугает то, что для этого вовсе необязательна огромная террористическая или преступная организация, достаточно лишь одного человека с недобрым складом ума. Такие люди могли бы модифицировать вирусы точно так же, как хакеры изменяют компьютерные программы.

Сама цивилизация приобретает иное качество ввиду своей новооткрытой уязвимости. Нынешняя цивилизация становится хорридной (horrid — жуткий, ужасный). Хоррор — это состояние цивилизации, которая боится сама себя, потому что любые ее же достижения — почта, медицина, компьютеры, авиация, высотные здания, водохранилища, все средства транспорта и коммуникации — могут быть использованы для ее разрушения.

Если поллюция, угроза природе, исходящая от цивилизации, окрашивала вторую половину XX века, то XXI век может пройти под знаком хоррора — угроз цивилизации самой себе. На смену экологии как первоочередная забота приходит хоррология (horrology) — наука об ужасах цивилизации как системе ловушек и о человечестве, как заложнике сотворенной им цивилизации.

Как отметил один американский ученый, если минувший век был эпохой «оружия массового поражения», то нынешний станет веком «знаний массового поражения». Сумеет ли общество создать средства внешнего и внутреннего контроля, адекватные новым технологиям, — большой вопрос.

2.7. Ускорение темпов научно-технологического прогресса

Прогнозируемые варианты будущего включают как экологическую катастрофу, так и утопическое будущее, в котором беднейшие люди живут в условиях, которые сегодня можно считать богатыми и комфортными, и даже трансформацию человечества в постчеловеческую форму жизни, а также уничтожение всей жизни на Земле в нанотехнологической катастрофе.

В июле 2006 года ведущий американский стратегический центр RAND Corporation официально представил доклад «Глобальная технологическая революция-2020» (Global Technology Revolution 2020).

Основной объем информации собирался авторами исследования в период с июня 2004-го по август 2005 года.

Общий вывод исследования звучит так: «Сегодня мы находимся в самом центре глобальной технологической революции. За прошедшие тридцать лет в целом ряде технологических отраслей был осуществлен серьезный прорыв, благодаря которому уже в самом скором времени могут произойти радикальные изменения во всех сферах человеческой жизнедеятельности. Причем, по нашим оценкам, темпы развития этих прорывных отраслей в ближайшие пятнадцать лет не только не замедлятся, но и напротив, могут оказаться еще более впечатляющими».

Особый упор авторы исследования делают и на то, что «технологии будущего» станут по большей части интегрированными, то есть будут объединять в себе достижения сразу нескольких научных отраслей.

Нет никаких признаков того, что в предстоящие полтора десятилетия замедлятся темпы научно-технологического прогресса. Каждая страна найдет свой собственный, иногда уникальный метод извлечения выгод из этого процесса. Однако для этого многим государствам мира требуется предпринять значительные усилия. При этом ряд технологий и открытий потенциально могут представлять угрозу для человеческой цивилизации.

Первую скрипку в мировом научно-техническом прогрессе будут продолжать играть страны Северной Америки, Западной Европы и Восточной Азии. В ближайшие полтора десятилетия ожидается уверенный прогресс Китая, Индии и стран Восточной Европы. Позиции России в этой сфере будут немного ослаблены. Разрыв между лидерами и технологически отсталыми странами мира будет углубляться.

В доклад вошел обзорный рейтинг современных научных и технологических возможностей стран мира, в рамках которого были проанализированы такие факторы, как количество ученых и инженеров на 1 млн. населения, количество опубликованных научных статей, расходы на науку, количество полученных патентов и пр. При подготовке рейтинга использовались данные за период с 1992 по 2004 год.

Согласно этому рейтингу, наибольшим потенциалом в создании новых материалов и технологий, а также их применении на практике, обладают США (получили 5.03 балла). США намного опережают ближайших преследователей. У занимающей второе место Японии только 3.08 балла, у Германии (третье место) — 2.12. В первую десятку также вошли Канада (2.08), Тайвань (2.00), Швеция (1.97), Великобритания (1.73), Франция и Швейцария (по 1.60), Израиль (1.53).

Россия оказалась первой среди всех постсоветских государств и заняла в итоговом рейтинге 19-е место (0.89). Ее опередили Южная Корея, Финляндия, Австралия, Исландия, Дания, Норвегия, Нидерланды и Италия.

По мнению авторов доклада, Россия относительно успешно будет действовать в сфере применения на практике новых технологий в сфере здравоохранения, охраны окружающей среды, безопасности. Ее результаты в сфере развития сельскохозяйственных районов, укрепления вооруженных сил, улучшения работы органов власти будут менее впечатляющими. По всем этим направлениям ее опередят не только индустриально развитые страны, но и Китай, Индия и Польша.

В современную эпоху стало особенно заметно всё более ускоряющееся развитие Цивилизации. Причём, в последнее время всё меняется буквально на наших глазах, при жизни даже одного поколения.

Для наглядного сравнения, здесь уместно привести выдержку из записок римского императора Марка Аврелия, сделанных им в 70-е годы II в н. э.:

«...Да живи ты хоть три тысячи лет, хоть тридцать тысяч, только помни, что человек никакой другой жизни не теряет, кроме той, которой жив; и живет лишь той, которую теряет. Вот и выходит одно на одно длиннейшее и кратчайшее. Ведь настоящее у всех равно, хотя и не равно то, что утрачивается; так оказывается каким-то мгновением то, что мы теряем, а прошлое и будущее терять нельзя, потому что нельзя ни у кого отнять то, чего у него нет. Поэтому помни две вещи. Первое, что ***всё от века единообразно и вращается по кругу, и безразлично, наблюдать ли одно и то же сто лет, двести или бесконечно долго****. А другое, что и долговечнейший и тот, кому рано умирать, теряет ровно столько же. Ибо настоящее — единственное, чего они могут лишиться, раз это и только это, имеют, а чего не имеешь, то нельзя потерять».*

Раньше люди даже не замечали какого-либо прогрессивного развития. Теперь же, не заметить его трудно. Современный человек «среднего возраста», в течение только своей жизни мог наблюдать, как появились персональные компьютеры, Интернет, сотовые телефоны, а обладателем личного автомобиля теперь может стать уже каждый желающий и т. п.

Расстояния теперь не имеют такого уж большого значения. В начале 90-х годов прошлого века начался резкий рост процессов глобализации и взаимопроникновения экономик разных стран. Развитые страны уже, по сути, все больше превращаются в некий гигантский управляющий офис. Происходить это могло, однако, лишь при условии одновременной индустриализации развивающихся стран, куда перемещается основное производство. Это ведёт к углублению международного разделения труда.

Рост важнейших показателей — народонаселение, энергопотребление, накопление продуктов промышленного производства, рост научной информации — происходит экспоненциально. Поскольку такое развитие сопряжено с расходованием энергии и других ресурсов, ясно, что со временем они должны истощиться. Вопрос в том, когда это произойдет?

Социолог М. Сухарев в своей популярной работе «Взрыв сложности» рисует следующую картину:

«В развитии общества видна еще одна закономерность — ускорение роста сложности со временем. Десятки тысяч лет жили на Земле племена, вооруженные копьями и луками. За несколько сотен лет мы проскочили промышленно-техническую цивилизацию. Сколько лет отпущено компьютерному этапу, не известно, но нынешняя скорость эволюции общества беспрецедентна.

Если мы экстраполируем эти тенденции в будущее, то получится, что скорость развития общества должна увеличиться настолько, что общественные формации начнут сменяться каждые пятьдесят, десять и меньше лет, а человечество в течение XXI века объединится в сверхгосударство».

Расчеты показывают, что при современных (экспоненциальных) темпах роста энергопотребления и промышленной переработки земного вещества довольно бы-

стро достигаются пределы развития, за которыми дальнейший рост становится невозможным.

Если современные тенденции развития нашей Цивилизации сохранятся, утверждают учёные и экологи, то уже в первых десятилетиях XXI века наступит критическая ситуация, вызванная истощением ресурсов, падением промышленного производства, резким сокращением количества пищи на душу населения при одновременном сильном загрязнении окружающей среды.

«...Если сегодня не принять специальных мер, не изменить характер нашей цивилизации, (т.е. систем ценностей, которые определяют деятельность людей), то теряющая стабильность биосфера, даже без шоковых воздействий человека, перейдет в состояние, непригодное для его жизни.

...Потерю стабильности биосферы вряд ли можно отождествить с экологическим кризисом: кризис можно пережить, найти из него выход, а возврата биосферы в состояние, пригодное для жизни человека, быть не может!».

Это означает, что современная техническая цивилизация может перестать существовать...

Всем достижениям технической цивилизации мы обязаны научно-техническому прогрессу и природным источникам энергии. Но запасы основных источников энергии (нефть, газ, уголь) конечны, срок их исчерпания — несколько десятилетий. Переход на повсеместное использование ядерной и термоядерной энергии если и возможен, всё равно он не получится быстрым и безболезненным (а другие альтернативные источники энергии — солнечная, ветровая и гидроэнергия вряд ли смогут покрыть экспоненциально растущие потребности Цивилизации).

Как пишет в своей работе астрофизик Л.М. Гиндилис:

«Острота ситуации состоит в том, что коллапс должен наступить очень скоро, в первых десятилетиях XXI века. Поэтому, если бы даже человечество знало, как «повернуть» (или хотя бы приостановить) этот процесс, обладало бы средствами и волей для того, чтобы осуществить поворот уже сегодня, — у него просто не хватило бы времени, так как все негативные процессы обладают определенной инерцией, в силу которой их невозможно немедленно остановить...

Экономика Земли похожа на тяжело груженый транспорт, который на большой скорости мчится по бездорожью прямо к бездне. Видно мы уже проскочили точку, где надо было свернуть, чтобы вписаться в «траекторию поворота». И затормозить тоже не успеваем. Положение усугубляется тем, что никто не знает, где находятся руль и тормоз. Тем не менее и экипаж, и пассажиры настроены весьма благодушно, наивно полагая, что, «когда понадобится», они разберутся в устройстве транспорта и смогут совершить необходимый маневр. Не думаю, что нарисованная картина означает непременную гибель человечества, хотя тяжкие испытания для нас, видимо, неизбежны. Если человечество сможет пройти через эти испытания, то *характер развития должен коренным образом измениться*».

На симпозиуме VISION-21, который проводился в 1993 году Центром космических исследований NASA им. Льюиса и Аэрокосмическим институтом Огайо, прозвучало нашумевшее выступление математика и писателя Вернора Винджа. В нём, рассматривая перспективы развития компьютеров, Виндж предложил новый термин «технологическая сингулярность»[14].

По его мнению, ускорение технического прогресса — основная особенность XX века. Мы на грани перемен, сравнимых с появлением на Земле человека. Сугубая причина этих перемен заключается в том, что развитие техники неизбежно ведёт к созданию сущностей с интеллектом, превышающим человеческий. Наука может достичь такого прорыва разными путями (и это ещё один довод в пользу того, что прорыв произойдёт).

1. Компьютеры обретут «сознание» и возникнет сверхчеловеческий интеллект. В настоящее время нет единого мнения о том, сумеем ли мы создать машину, равную

человеку, однако, если это получится, вскоре можно будет сконструировать еще более разумные существа.

2. Крупные компьютерные сети (и их объединенные пользователи) могут «осознать себя» как сверхчеловечески разумные сущности.

3. Машинно-человеческий интерфейс станет настолько тесным, что интеллект пользователей можно будет обоснованно считать сверхчеловеческим.

4. Биология может обеспечить нас средствами улучшения естественного человеческого интеллекта.

Первые три возможности напрямую связаны с совершенствованием компьютерного аппаратного обеспечения. Прогресс аппаратного обеспечения на протяжении уже нескольких десятилетий поразительно стабилен. Если исходить из этой тенденции, то интеллект, превосходящий человеческий, появится в течение ближайших тридцати лет.

Каковы будут последствия этого события? Когда прогресс будет направляться интеллектом, превосходящим человеческий, он станет куда стремительнее.

Такое событие аннулирует за ненадобностью весь свод человеческих законов, возможно, в мгновение ока. Неуправляемая цепная реакция начнет развиваться по экспоненте безо всякой надежды на восстановление контроля над ситуацией. Изменения, на которые, как считалось, потребуются «тысячи веков» (если они вообще произойдут), скорее всего, реализуются в ближайшие сто лет.

Вполне оправданно будет назвать данное событие сингулярностью.

Возможно, на взгляды Винджа повлияло неукоснительное следование всё ускоряющегося развития компьютерной техники так называемому «закону Мура»? Ведь вычислительная мощность компьютеров растет с поразительно высокой и удивительно постоянной скоростью.

В апреле 1965 года, примерно за три с половиной года до создания корпорации Intel, Гордон Мур, занимавший в ту пору должность директора отдела разработок компании Fairchild Semiconductors, в статье для журнала Electronics дал прогноз развития микроэлектроники, получивший вскоре название «закона Мура». Представив в виде графика (рис. 4) рост производительности запоминающих микросхем, он обнаружил любопытную закономерность: новые модели микросхем разрабатывались спустя более-менее одинаковые периоды — 18–24 месяца — после появления их предшественников, а емкость их при этом возрастала каждый раз примерно вдвое. Если такая тенденция продолжится, заключил Мур, то мощность вычислительных устройств экспоненциально возрастет на протяжении относительно короткого промежутка времени.

Наблюдение Мура, еще не возведенное в то время в ранг закона, впоследствии блестяще подтвердилось, а обнаруженная им закономерность наблюдается и в наши дни, причем с поразительной точностью, являясь основой для многочисленных прогнозов роста производительности. Например, за 30 лет, истекшие с момента появления микропроцессора 4004 в 1971 году и вплоть до выпуска процессора Pentium 4, количество транзисторов выросло более чем в 18000 раз: с 2300 до 42 миллионов.

Утверждение, сделанное в 1965 году, за прошедшие годы обрело статус чуть ли не закона природы и нашло подтверждение во множестве областей, как самой микроэлектроники, так и смежных с нею областей: согласно закону Мура усложняются и чипы оперативной памяти, и микропроцессоры, множится тактовая частота электронных компьютерных сердец, развиваются многие другие параметры и показатели. Даже размеры телескопов (площадь зеркала/линзы, чувствительность) подчиняются этому закону.

За истекшие более сорока лет, скептики сотни раз предсказывали закону Мура скорую кончину, но он продолжает действовать.

До математической точности «закону Мура» далеко: даже сложность микросхем он описывает весьма приблизительно и сам Мур, проводя редакцию в 1975 г., был вынужден опираться на цифры, полученные посредством приближения. По своей сути, закон Мура является не законом природы, а скорее эмпирическим правилом.

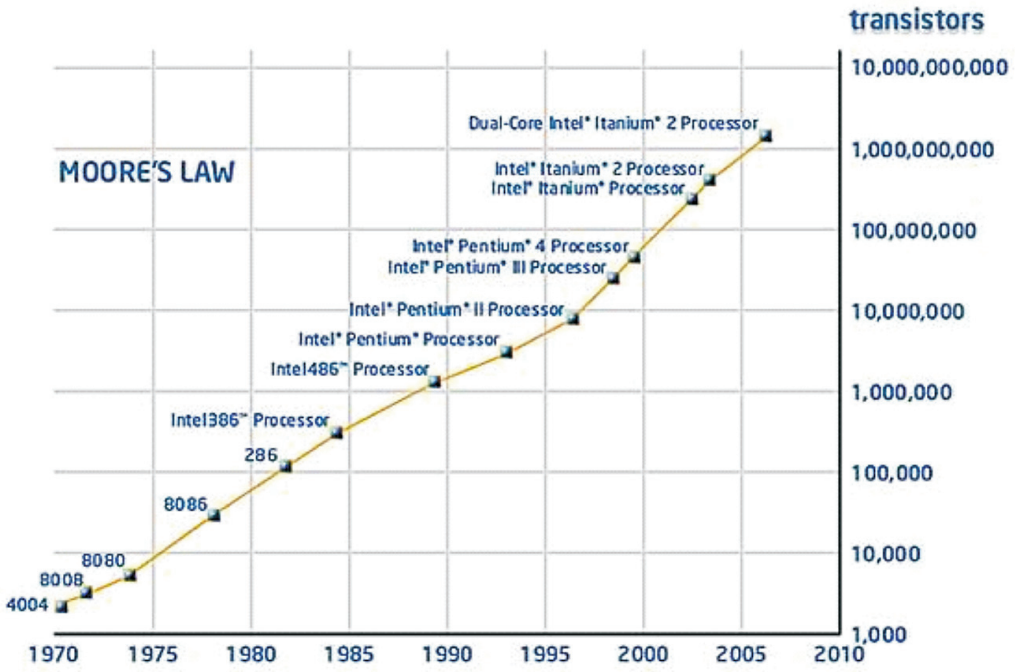


Рис. 4. График развития микропроцессоров соответствует «закону Мура»

Но ведь рано или поздно усложнение микроэлектронной продукции приведёт к исчерпанию возможностей существующих технологий (транзистор не может быть меньше атома).

В ведущей корпорации по производству процессоров (Intel) обнародованы планы на ближайшее будущее. На 2007-й был намечен переход на 45-нанометровый процесс, на 2009 год — внедрение 32-нанометрового, а в 2011 году настанет черед технологического процесса 22 нм.

Минимальная возможная величина — 4 нанометра. И если закон Мура будет продолжать исполняться, этот показатель будет достигнут уже к 2023 году.

К тому времени или несколько позже, размеры всех элементов транзистора достигнут атомарных размеров и уменьшать их дальше будет просто невозможно, поэтому уже сейчас ищутся новые подходы. Каким путем пойдет дальнейшее развитие — покажет время. Но один вывод можно сделать — 2023 год это одна из критических точек. А если исходить из того, что развитие идёт по принципу — *прирост величины пропорционален самой величине (самоподобное развитие)*, то после каждой критической точки, время, остающееся до критической даты (точки сингулярности), будет в два раза меньше длительности цикла. Т. е., длительность микропроцессорного цикла: 2023-1971=52. Сингулярность наступит соответственно — 2023+52/2=2049 г., что несколько позже, чем предсказал Вернор Виндж.

Основное следствие закона Мура: *где-то между 2015 и 2035 годами вычислительная мощность персональных компьютеров сравняется с «сырой» вычислительной мощностью человеческого мозга* (порядок последней оценивается в 10^{16} операций в секунду — хотя сигналы в человеческом мозгу передаются крайне медленно, за счёт параллельной обработки его общая производительность пока выше), а затем и превзойдёт её. Это ещё совсем не означает обязательного появления ИИ, но такая возможность появится.

За последние 10 лет мы стали свидетелями революции в нейрофизиологии. Технологии сканирования мозга и молекулярная биология позволили в целом понять, как работают память, восприятие и сознание. Параллельно с этим продолжается неотвратимый рост производительности как персональных компьютеров, так и суперкомпьютеров. А последние уже сегодня практически сравнялись с производительностью человеческого мозга.

Для проекта по моделированию человеческого мозга, в 2005 г. была построена специальная версия суперкомпьютера под кодовым названием *Blue Brain*. С его помощью исследователи надеются пролить свет на главные загадки человеческого мозга — познание, память, и если удастся, то и само сознание. Машина имеет пиковую скорость около 22,8 терафлопс.

Согласно предварительным расчетам, на построение полностью работоспособной модели человеческого мозга потребуется не менее десяти лет.

Знаменитый суперкомпьютер *Deep Blue*, который в 1997 г. впервые в истории обыграл чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова, имел производительность 1 терафлопс. А уже в 2006 г., компания IBM сообщила, что она приступает к созданию нового суперкомпьютера для Департамента Энергетики США, ведающему вопросами ядерной безопасности. Суперкомпьютер *Roadrunner*, имеющий пиковую производительность 1,6 петафлопс (что равно 1600 терафлопс или $1x10^{15}$ операций в секунду) сдан в 2008 г. Это более чем тысячекратный прирост производительности по сравнению с обыгравшем Каспарова суперкомпьютером, причём всего за срок порядка десяти лет.

В 1956 году, когда в IBM изобрели жесткий диск, хранение 1 Мб, с поправкой на инфляцию, обходилось в 65 тысяч долларов. Сегодня флэшка USB с 2 Гб данных эквивалентна устройству, которое в 1956 году стоило бы 130 млн. долларов.

А теперь экстраполируем эту тенденцию на ближайшее будущее. В 2025 году всего за 100 долларов можно будет приобрести в любом магазине носитель для хранения 6,3 петабайт данных. Чтобы лучше понять, что такое 6,3 петабайт, представьте, что все происходящее вокруг снималось бы на цифровую камеру с таким объемом памяти с начала промышленной революции – то есть с 1700 года – по настоящий момент. Даже в этом случае в камере осталось бы свободное дисковое пространство на несколько лет работы. И весь этот гигантский объем информации через 18-20 лет можно будет приобрести всего за 100 долларов!

Или такой пример. По оценкам IBM, к 2010 году объем цифровой информации в мире будет удваиваться каждые 11 часов. Мы создаем столько данных, что поиск полезной и нужной информации становится все более затруднительным.

Перспективы еще интереснее. Молекулярные компьютеры, которые станут реальностью уже через 10-20 лет, будут обладать производительностью в миллиарды раз большей нынешних, основанных на кремниевых микропроцессорных технологиях. Их процессоры будут в десятки тысяч раз меньше современных. Большие надежды в будущем возлагаются и на квантовые компьютеры.

Динамика развития микроэлектроники в предшествующие 30 лет и прогноз на следующее десятилетие на примере роста параметров больших интегральных схем оперативной памяти для персональных компьютеров отображена на рис. 5.

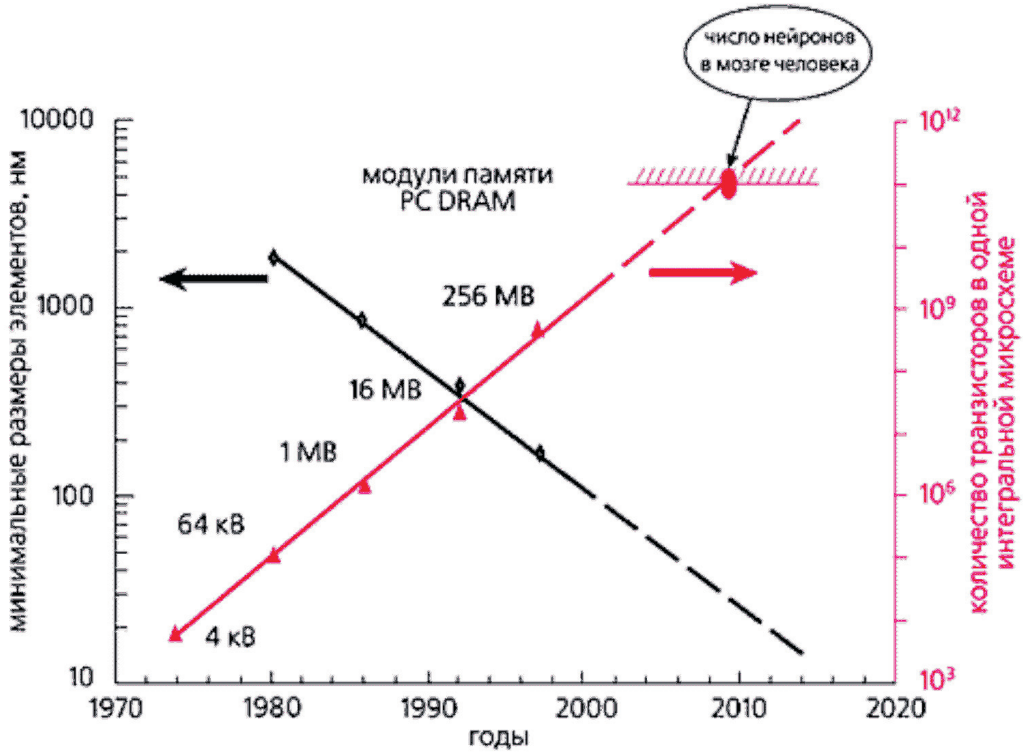


Рис.5. Динамика развития микроэлектроники в предшествующие 30 лет и прогноз на следующее десятилетие на примере роста параметров больших интегральных схем оперативной памяти для персональных компьютеров

2.8. Ускорение темпов биологической и общественной эволюции

Вместе с ускорением научно-технического прогресса идет ускорение темпов как биологической, так и человеческой эволюции.

Весьма интересное исследование этого вопроса провёл российский ученый А.Д. Панов в своей работе «Кризис планетарного цикла Универсальной истории и возможная роль программы SETI в посткризисном развитии»[52]. Для осмысления происходящих процессов, он использует понятие аттрактора, которое обычно определяется как траектория в пространстве состояний системы, к которой притягиваются все реальные траектории. Аттрактором истории является идеальная автомодельная последовательность, вокруг которой флуктуируют точки реальных революций.

«Можно сказать, что, несмотря на кризисный характер, вся предшествующая история человечества следует единственному гладкому аттрактору, характеризующемуся автомодельным ускорением исторического времени...

...Идеальная автомодельная последовательность точек t_n описывается уравнением

$$t_n = t^* - T / a^n$$

В формуле $a > 1$ — коэффициент ускорения исторического времени, показы-

вающий, во сколько раз каждая последующая эпоха короче предыдущей. T задает длительность всего описываемого промежутка времени, n — номер революции, а t^* — некоторый момент времени, который можно назвать моментом сингулярности...

Легко видеть, что при n стремящемся к бесконечности, последовательность t_n неограниченно приближается к сингулярной точке t^*, никогда ее не переходя. Промежутки между кризисами или революциями вблизи сингулярности стремятся к нулю, а плотность их бесконечна. Дальше сингулярности эволюция в автомодельном режиме не продолжается, а реально не может даже к ней приблизиться, так как ситуация, когда последовательные революции разделяют дни или часы, не имеет смысла.

Так как сингулярность предсказывалось уже в 2027 году, можно с уверенностью сказать, что время автомодельной истории истекло или истекает в ближайшем будущем. Поэтому приближающийся эволюционный кризис — это не обычный эволюционный кризис, каких было много, это кризис всего аттрактора истории цивилизации. Можно сказать, что это кризис самого предшествующего многомиллионолетнего кризисного характера развития разума на Земле, кризис кризисов. Трудно делать отдаленные прогнозы развития цивилизации, но одно предсказание можно сделать с полной определенностью: эффекта ускорения исторического времени больше не будет, так как мы уже находимся вблизи точки, в которой эта скорость формально бесконечна. Теперь характер эволюции человечества неизбежно должен глубочайшим образом измениться, история должна пройти через точку сингулярности и пойти по совершенно новому руслу. Важно отметить, что *проход через точку сингулярности вовсе не означает неминуемую катастрофу для человечества*».

Переходя к рассмотрению биологической истории за всё время существования Земли, автор показывает, что аналогичная автомодельность характерна и для всего периода её развития (около 4 млрд. лет). «Наилучшее приближение дается коэффициентом автомодельности $a = 2{,}66$ (что удивительно близко к числу $e = 2{,}718...$)». Используя именно e и $t^* = 0$ — допуская, что сингулярность приходится ориентировочно на наше время (это упрощает формулу, но не делает её менее точной). Время Т примем равным 4 млрд. — примерный срок биологической эволюции на Земле. Подставляя в формулу развития ($t_n = -T/e^n$) натуральные числа начиная с нуля, получаем время ключевого события, которое можно сравнить с реальными «революционными» событиями происходившими в процессе эволюции на Земле. Формула отражает тот же принцип развития — прирост величины пропорционален самой величине.

Как видно совпадение очень хорошее.

«Видно, что автомодельность имела место с удивительной точностью на протяжении всех 3,8 млрд. лет истории биосферы включая историю человечества (с двумя небольшими нарушениями, которые не вызывают удивления, так как речь идет не о точной автомодельности, а об автомодельном аттракторе)... Для сингулярной точки получается значение $t^* = 2004$ год, что очень близко к 2027 году, полученному на основании анализа только человеческой истории. Разница между этими двумя датами определяется масштабом ошибки применяемой математической процедуры... Можно предположить, что полученный результат не случаен: вся эволюция биосферы и затем, ноосферы, действительно представляет собой единый процесс, подчиняющийся единому глубокому эволюционному закону, главным проявлением которого является автомодельное ускорение эволюции...

И вот как раз сейчас этому единому автомодельному процессу пришел конец. Не только история человечества, но и вся планетарная эволюция должна повернуть в какое-то совершенно новое русло. Поэтому современный системный кризис цивилизации — это кризис глобального планетарного аттрактора Универсальной истории, а не только аттрактора истории человечества».

Петербургский историк И.М. Дьяконов в своем обзоре истории человечества «Пути истории» указал на экспоненциальное сокращение продолжительности исторических периодов — фаз развития общества — по мере приближения к нашему вре-

мени: «Нет сомнения, что исторический процесс являет признаки закономерного экспоненциального ускорения. От появления *Homo Sapiens* до конца I фазы прошло не менее 30 тыс. лет, II фаза длилась около 7 тыс. лет, III фаза — около 2 тыс., IV фаза — около 1,5 тыс., V фаза — около тысячи лет, VI — около 300, VII фаза — немногим более 100 лет; продолжительность VIII фазы пока определить невозможно».

Нанесенные на график эти фазы складываются в экспоненциальное развитие, которое предполагает в конце концов переход к вертикальной линии или, вернее, к точке — так называемой, сингулярности. По экспоненциальному же графику развиваются научно-технические достижения человечества, а также численность населения Земли.

Ускорение роста населения Земли

Отметим, что вышеприведенная «автомодельность» в распределении революций весьма напоминает свойство автомодельности роста мирового населения, детально исследованное С. П. Капицей и, по-видимому, тесно с ним связана. Автомодельный закон роста народонаселения также имеет точку сингулярности, но в настоящее время закон роста населения уже существенно отклоняется от автомодельного.

Вынесет ли Земля «человеческую нагрузку»? Обеспокоенность по этому поводу — ровесница письменности. Судя по табличкам с клинописью, датируемым 1600 г. до н.э., вавилонян пугало, что мир уже полон людей. В 1798 г. Томас Мальтус вновь выразил обеспокоенность по этому поводу, как и Донелла Мидоус в своей книге «Пределы роста», вышедшей в 1972 г.

Пытаясь вычислить, проживание скольких людей может обеспечить Земля, средневековые ученые полагали, что необходимые для существования жизнеспособного общества условия можно измерить в единицах площади.

Но они ошибочно исходили из существующих на тот момент технологий. Можно допустить, что, например, в будущем, после овладения секретами ДНК, с единицы площади можно будет снимать многократно больший, чем сегодня урожай. Впрочем и современный уровень в цивилизованных странах позволяет, без потери комфорта, иметь несколько детей в семье. Однако мы стали свидетелями сокращения их количества именно в развитых странах. Это кажется парадоксальным.

В 1999-ом году вышла книга С.П. Капицы «Сколько людей жило, живёт и будет жить на земле. Очерк теории роста человечества». В ней он, в частности, убедительно показывает, что скорость развития человеческой цивилизации прямо пропорциональна количеству её жителей.

А по какому закону, в свою очередь, росло население Земли? С.П. Капица приводит как результаты оценок палеонтологов, так и цифры, следующие из его собственной модели роста человечества (табл. 1). Они, в среднем, дают близкие результаты. Для начала каменного века, около 1,5 млн. лет назад, когда отдалённые предки человека, по всей видимости стали более-менее регулярно использовать простейшие, слегка оббитые галечные камни, число наших предков, отделившихся ранее в самостоятельную ветвь от других человекообразных обезьян, достигало 100 тыс. Капица отмечает, что рост населения Земли характеризуется как процесс самоподобного развития.

Таблица 1

Рост численности населения земного шара

Время (лет тому назад)	Население Земли
1,5 млн.	100 тыс
100 тыс.	1 млн

Время (лет тому назад)	Население Земли
10 тыс.	10 млн
5 тыс. (3000 год до н.э.)	20 млн
2 тыс. (начало н.э.)	100 млн
1 тыс. (1000 г н.э.)	200 млн
500 (1500 год н.э.)	400 млн
250 (1750 год н.э.)	700 млн
150 (1850 год н.э.)	1200 млн
100 (1900 год н.э.)	1600 млн
50 (1950 год н.э.)	2800 млн
20 (1980 год н.э.)	4400 млн
0 (2003 год н.э.)	6000 млн
Прогноз (2050 год н.э.)	9000 млн

Одним из выводов его теоретической модели роста человечества является приостановка действия закона гиперболического роста, неуклонно выполнявшегося до этого десятки, а возможно, и сотни тысяч лет, в шестидесятые годы 20-го века.

После столетий головокружительного роста численность населения земли стабилизируется. Если существующие демографические тенденции сохранятся, то к середине нашего века равновесие установится на отметке 9–10 млрд человек.

Так, максимальный за всю историю человечества темп прироста населения (примерно 2,1% в год) наблюдался между 1965 и 1970 гг. Численность населения мира никогда не увеличивалась с такой скоростью до XX в. и едва ли будет возрастать такими же темпами когда-либо еще. Наши потомки будут смотреть на максимальные темпы прироста населения в конце 1960-х гг. как на самое важное демографическое явление в истории планеты.

Сейчас уже наблюдается быстрый, но замедляющийся прирост. И хотя темпы прироста населения снизились по сравнению с 1970-ми годами, логика формирования его состава означает, что их нынешний уровень все же выше, чем до Второй мировой войны. Впервые численность мирового населения достигла миллиардной отметки лишь в начале XIX в. Нынешнее же население Земли увеличится на 1 млрд. человек всего за 13 — 14 лет.

Эти результаты моделирования можно сравнить с данными ООН и Международного института прикладного системного анализа (IIASA). Прогноз ООН основан на обобщении ряда возможных показателей рождаемости и смертности по девяти регионам мира и доведен до 2150 г. По оптимальному сценарию ООН население Земли к этому сроку выйдет на постоянный предел 11 600 млн.

В представленной периодизации, даже не обращаясь к формальным выводам моделирования, видно, как при достижении предела сжатия исторического времени происходит завершение целой эпохи роста и, как следствие, смена парадигмы развития. После демографического перехода человечество вступит в новую эпоху своего развития при новой структуре времени и нулевом или малом численном росте.

Итак, сделаем очень серьёзный вывод — *раньше подчинявшийся закону роста по экспоненте (возможно даже по гиперболе) прирост населения, теперь стал замедляться*, т. е. на большем интервале времени он соответствует графику S-образного развития.

Здесь очень важно зафиксировать существовавшую до сих пор *связь степени развитости общества с минимальным количеством составляющих его людей*. Если мы сравним, исходя из этого критерия, различные человеческие организации и

общества в различные исторические эпохи, то обнаружим очень большие различия.

Так, например, любую цивилизацию каменного века могли нести в себе очень небольшие человеческие общины. Племя тех времен было способно воспроизводить себя, а самое главное, свою культуру, имея в своем составе несколько сотен человек. Этого хватало, чтобы хранить обычаи, навыки охоты на разных зверей, знания о растениях, способы изготовления оружия и одежды, строительства примитивных жилищ.

«Эволюционирующая система — это система, способная воспроизводить себя и существовать исторические отрезки времени на базисе систем низших интегративных уровней... Так вот, для поддержания в земном ландшафте уровня каменного века требуется племя в несколько сотен человек. Поддержание средневековой цивилизации требуется сотни тысяч людей. Современная цивилизация в полном объеме может поддерживаться только государством с сотнями миллионов жителей. В ближайшие десятилетия эта величина приблизится к миллиарду».

«...Появились сотни разнообразных профессий и тысячи видов изделий, тысячи видов знаний и умений, составляющих вместе неповторимую картину данной цивилизации.

В настоящее время такая цивилизация, как западная, способна существовать и воспроизводиться только в огромных сообществах, насчитывающих сотни миллионов человек. Ни одна страна в мире не обеспечивает сегодня себя всем необходимым. Достаточно вспомнить, что даже в США практически вся бытовая электроника, которой пользуются американцы, произведена иностранными фирмами. Но попробуйте вообразить современную цивилизацию без телевизора и видео! А раз так, то бытовая техника является неотъемлемой частью современной цивилизации.

Если сложность цивилизаций продолжит свой рост, то через очень короткое по историческим масштабам время (двести — триста лет) все человечество будет вынуждено влиться в одну-единственную цивилизацию.

Из социологии известно, что численность группы сильно коррелирует со сложностью: крупные образования, не обеспеченные достаточно сложной структурой, становятся неустойчивыми. Поэтому, если в палеолите существовали только группы числом от 5 до 80 человек, то в 1500 году уже 20% людей жили в государствах, а сегодня вне государственных образований остается мизерный процент людей.

Таким образом, замедление роста народонаселения, должно быть как-то связано с возможным замедлением темпов ускоренного развития цивилизации и даже его остановку уже в ближайшее время. Но прогресс не может просто так остановиться. Это не логично.

Электронное общество

Возможная альтернатива — *появление «электронных сущностей»* — неких условноразумных программ заменяющих сотни миллионов людей в общественном производстве (примитивные программы используются нами уже сейчас и удесятеряют силы личности — т. е. один современный человек с компьютером заменяет десятки и даже сотни людей со счётами). Действительно, сегодня рабочий день многих заключается в «сидении» перед компьютерными мониторами. Не видно причин, почему бы соответствующие «разумные» программы, если они появятся, не заменили бы этих людей совсем. Причём для *«электронных сущностей»* практически не требуется ресурсов, ни энергетических, ни пространственных. Следовательно, если численность людей в Цивилизации остановится на отметке 10–15 млрд. человек, то количество «электронных сущностей» может продолжать экспоненциально расти до астрономических величин, тем самым, предопределяя дальнейшее развитие. Вероятно даже, что людей в новом мире должно быть гораздо меньше, чем сейчас. Тогда им хватит и возобновляемых ресурсов — биомассы, гидро— и ветроэнергии.

«Как полагают некоторые исследователи, человеческая цивилизация уже почти достигла, по-видимому, того критического уровня энерговыделения, дальнейший рост которого может нарушить сложившийся баланс между поглощаемым и отражаемым солнечным и тепловым излучением планеты. А, следовательно, дабы избежать роковых последствий полной разбалансировки температурно-климатического режима, человеку — даже в случае овладения им термоядерной энергией или, скажем, установки в космосе мощных солнечных батарей — все равно придется довольствоваться энергетическими рамками примерно того же порядка, что обеспечивают его сегодняшние потребности.

...И только опора на природные силы, на естественный потенциал живой биоты способна, быть может, предотвратить наихудший вариант дальнейшего развития — демографический коллапс, обвальное падение численности населения, эрозию основ современной цивилизации и т.д.

Таково, во всяком случае, понимание сути и смысла устойчивого развития в свете теории биотической регуляции окружающей среды. И если настоящая его цель — ослабление антропогенного пресса до уровня, отвечающего хозяйственной ёмкости биосферы, то речь, следовательно, должна идти не только о прекращении какого бы то ни было «наступления» на природу, но и об отступлении. Причем об отступлении отнюдь не метафорическом, а вполне реальном — в форме освобождения человеком части освоенных им территорий, абсолютно необходимых для выполнения биотой ее планетарной стабилизирующей миссии...».

Совместить «освобождение территорий» и сокращение численности человечества с продолжением Организации Материи (прогрессом), можно только допустив замену части реальных людей, — «условно-виртуальными». Причём не просто замену — дополнение, что мы наблюдаем уже сейчас, а замену количественную и качественную.

Итак, все эволюционные спирали развития на планете Земля сходятся к точке примерно в одно время, причём это — 2030 — 2050 г. Перечислим их:

1. Общая эволюция организмов от начала образования планеты Земля до настоящего времени (вероятно, химическая эволюция началась ещё раньше — сразу после образования Галактики). Длительность процесса около 4 млрд. лет.

2. Эволюция человечества и, в завершении, образование цивилизации размером с всю планету («тело»). Сопутствующий этому процессу рост населения Земли. Длительность процесса около 4,4 млн. лет.

3. Эволюция компьютерных систем и образование ИИ («мозга»). Длительность процесса, если предполагать его начало с момента появления первых радиотехнических схем, около 200 лет.

Наша цивилизация — единый «организм» в буквальном смысле этого слова, а люди — его «клетки».

Бельгийский учёный Франсис Хейлиген, в своей работе «Мировой Суперорганизм: эволюционно-кибернетическая модель возникновения сетевого сообщества» попытался определить, что означает для системы быть «организмом».

«Уже давно существует мнение, что общество обладает рядом качеств, делающих его похожим на живой организм, что это живое создание со своими клетками, обменом веществ и нервной системой. При таком сравнении различные общественные институты играют роль органов, каждый из которых выполняет свою особую функцию в поддержании жизнедеятельности организма. Например, армия работает аналогично иммунной системе, защищая организм от вторжений извне, тогда как правительство функционирует подобно мозгу, управляя всем и принимая решения...

...Предположу, что ближайших пятидесяти лет будет достаточно для того, чтобы суперорганизм принял вполне узнаваемые всеми формы».

Вот некоторые аргументы «за». Внутренняя структура любого общества по строению аналогична организмам — налицо четкая специализация групп «клеток», т.е. людей. Есть и «кровеносная система» — деньги и зачатки нервной системы — Интернет. Общества развиваются и совершенствуются, как и любые организмы. Время

жизни общества на порядки превышает время жизни человека, так же как и время жизни организма по отношению к клеткам. Приоритет интересов общества над интересами личности очевиден (как и организма над клетками — наглядный пример — отбрасывание, при необходимости, ящерицей хвоста), хотя декларируется обратное. Например, если государству необходимо, оно запрещает аборты, хотя интересы конкретного индивидуума могут быть иными.

Точка «сингулярности» совсем не коллапс. Это такая точка на графике развития, в которой скорость этого самого развития максимальна.

Здесь уместно упомянуть о нашумевшем в конце XX века предположении американского ученого русского происхождения А. Болонкина: бессмертие людей будет обеспечено путем перезаписи перед смертью содержимого мозга человека в специальный чип — компьютер, и в продолжении человеческого существования в новом электронном облике. По расчетам американского ученого, такая возможность появится примерно в 2020 — 2030 годах. И тогда, по утверждению А. Болонкина, наступит бессмертие гомосапиенс — переход его перед смертью в электронного человека или как его называет ученый — Е-существо.

«Электронное общество — это общество разумных электронных существ (или Е-существ, как они названы в моих статьях). Подавляющее число причин и стимулов, порождающее человеческие страсти и преступления, будут отсутствовать у электронных существ. Как уже говорилось, они не будут нуждаться в пище, чистом воздухе, жилище, сексе, деньгах. ...Их основным занятием станет развитие науки и технологии. Вместе с тем они могут сохранить умственное неравенство, поскольку для производства «мозгов и тел», научных приборов и экспериментальных установок будет необходимо большое число роботов, для которых большие мозги ни к чему. Возможно, главным стимулом и наградой для них станет получение более совершенных и более мощных разумов и собственных хранилищ памяти.

...А биологическое человечество постепенно трансформируется в электронное. Старики, когда их биологическая оболочка будет не в состоянии поддерживать деятельность мозга, будут после смерти продолжать свое существование в электронном облике как молодые, красивые и более разумные люди, чем они были в биологическом облике».

Но давайте снова посмотрим, как происходило развитие на предыдущем этапе Организации Материи (клеток в организме). Действительно, первые нервные клетки появились на основе трансформации незначительного количества обычных клеток. Но в дальнейшем такой трансформации уже не происходит. Не исчезли и обычные клетки. Каждый вид клеток работает в своей области. По мере сил, все они вносят свой вклад в развитие и жизнеобеспечение организма.

Разумеется, внешне и внутренне люди отдалённого будущего могут несколько измениться. И если даже появятся интегрированные чипы памяти, генетически модифицированные органы, металлопластиковые имплантанты и т. п., это не изменит сути. Человек останется Человеком, но станет человеком Будущего.

Итак, что мы имеем на сегодня? Во-первых, опутавшую всю планету электронную сеть Интернет. Во-вторых, роботов, «мозги» которых вполне конкурентоспособны по сравнению с мозгами насекомых. В-третьих, потенциальная мощность лучших суперкомпьютеров практически сравнялась с «мощностью» мозга человека. Однако сегодняшний уровень нашего общественного организма сопоставим, максимум, с уровнем примитивной гидры:

«Нервная система примитивных книдарий, например гидры (Hydra), представлена нервной сетью, или сплетением, состоящим из одного слоя нейронов. Многочисленные короткие отростки нейронов соединяются друг с другом, образуя сеть, пронизывающую все тело животного. Импульсы распространяются по ней во всех направлениях...». Что же будет происходить с нами далее?

1. Когда в узлах сети появятся персональные компьютеры с мощностью много-

кратно превышающей таковую у лучших современных суперкомпьютеров, в каждом из них сможет жить *е-личность* (возможно, только тогда мы достигнем «уровня гидры»?). Если е-личность создадут к 2050 году, то это произойдёт не позже 2070 года. Выгоды от них как обществу, так и каждому человеку, велики, ведь это по сути дела большой коллектив супергениальных учёных, лишённый желания личной выгоды (в человеческом понимании), предрассудков и обладающий всеми знаниями. Каждый сможет общаться с е-личностью, предоставляя ей взамен возможность пользоваться свободным временем своего компьютера и частью его памяти. Уже на этом этапе возможны контакты или столкновения с иными цивилизациями.

2. Пройдёт время и часть е-личностей будет постепенно консолидироваться в отдельные структуры, целые ансамбли из миллионов и даже миллиардов электронных единиц. Причём в специально отведённых для этого суперкомпьютерах будущего. Где-то появится и «головной мозг» нашей Цивилизации — ИИ. Но уже не мы станем его создателями. Он будет состоять из совершенных е-личностей (примерно так, как и мозг любого животного состоит из нейронов), сплотившихся под руководством единой программы, позволяющей ему ощущать себя некой сверхличностью, а всю цивилизацию — своим реальным телом. На этом этапе контакты/столкновения с иными Цивилизациями неизбежны.

3. В результате эволюционной борьбы (она может вестись, например, только на информационном уровне), «виды цивилизаций-животных» будут эволюционировать в сторону совершенства (эволюционировать будут только ИИ). Некоторые из них когда-нибудь достигнут уровня «человекообразных» обезьян и смогут объединиться в единый «сверхорганизм» местного звёздного скопления. Это будет переход на следующую ступень Организации Материи, где уже ИИ превратится в «клетку» «сверхорганизма».

4. Далее все будет развиваться снова по аналогии, но на ещё более высокой ступени.

Подобной точки зрения придерживается и Александр Нариньяни, директор по науке РосНИИ Искусственного интеллекта *(Научно-популярное приложение «Новой газеты» «Кентавр» №№12,13,14,16)*.

По его мнению, в самом непосредственном будущем, а именно к 2020—2030 году, мы, то есть род человеческий, превратимся в eHOMO — новый вид, сохраняющий биологическую принадлежность к Homo Sapience, но качественно отличающийся от него за счет симбиоза с новой окружающей средой, порождаемой стремительно развивающимися сверхвысокими технологиями.

Очевидно, что eHOMO не может возникнуть спонтанно и ниоткуда: мы уже превращаемся в него, шаг за шагом приближая тот рубеж, когда результаты этого процесса станут очевидной реальностью. Мы стремительно врастаем во все более высокие технологии (hi-tech, технологии прорыва) и они врастают в нас. Сегодня в авангарде Hi-tech информационно-коммуникативные технологии (ИКТ): персоналка, интернет и мобильник — это лишь первые проявления той лавины, которая радикально изменит нашу цивилизацию в ближайшие 10–20 лет.

Тут не приходится чего-то ждать: будущий eHOMO уже среди нас, да и сами мы, пусть немного, но ими являемся. Трансформация только начинается, она затрагивает каждого в разной степени, но мы уже не те Homo, которыми были 20 лет назад, хотя и еще не такие, какими станем к 2020–2030 году. Сегодня у будущих eHOMO в одной руке ноутбук, а в другой — мобильник. Первый становится все более компактным и интеллектуальным, второй — бойко вбирает в себя все больше функций (видеофон, телевизор, фото, видео, плеер, диктофон, органайзер, и т.д.). И оба они двигаются все дальше к полной интеграции с остальной информационно-коммуникационной средой через всевозможные быстро размножающиеся сети.

Сегодня средний ноутбук превосходит отечественного лидера начала шестидесятых БЭСМ-6 примерно в тысячу раз по каждому из трех основных параметров: по производительности, по объему ОЗУ и размеру внешней памяти. Итого миллиард,

не считая уровня программных технологий, качества интерфейса и много чего еще. Таким образом, сейчас рядовой ноутбук на несколько порядков эффективней всей вычислительной техники мира сорок (а может быть и тридцать) лет назад.

Итак, нам в ближайшие 10–20 лет предстоит глобальная бифуркация. Она не только превратит человека в eHOMO, но и изменит саму нашу цивилизацию настолько радикально, что та станет похожей на сегодняшнюю не больше, чем наша подобна цивилизации майя. При том, что эти невероятные изменения произойдут не за сотни лет, а в течение срока жизни одного поколения. Двигателем такого потрясения основ являются сверхвысокие технологии, в качестве ядра которых сегодня выступают ИКТ, развивавшиеся со скоростью на порядок в год.

Но чем выше технический уровень ноосферы, тем более зависимым от ее многомерной сложности становится человек. Каждая находка технологического прогресса имплантируется в ткань ноосферы, становясь ее необходимым компонентом, укрепляя ее в одном плане и делая все более уязвимой в другом. Так, серьезное отключение электричества или канализации в небоскребе становится катастрофой.

Глава 3.
Информационно-коммуникационные технологии

3.1. Роль информационно-коммуникационных технологий в жизни и развитии современного общества

Информационная технология (ИТ) — процесс, использующий совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных (первичной информации) для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления.

Согласно определению, принятому ЮНЕСКО, *информационные технологии* (ИТ) — это комплекс взаимосвязанных, научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации; вычислительную технику и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы.

Информационные технологии занимают уникальное положение в современном обществе. В отличие от других научно-технических достижений, средства вычислительной техники и информатики применяются практически во всех сферах интеллектуальной деятельности человека, способствуя прогрессу в технике и технологии.

Телекоммуникации — дистанционная передача данных на базе компьютерных сетей и современных технических средств связи.

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) — совокупность технологий, обеспечивающих фиксацию информации, ее обработку и информационные обмены (передачу, распространение, раскрытие). К ИКТ относят компьютеры, программное обеспечение и средства электронной связи.

Именно массовое использование ИТ породило информационное общество.

В истории развития цивилизации произошло несколько информационных революций — преобразований общественных отношений из-за кардинальных изменений в сфере обработки информации. Следствием подобных преобразований являлось приобретение человеческим обществом нового качества[11,58,61,103,113].

Первая революция связана с изобретением письменности, что привело к гигантскому качественному и количественному скачку. Появилась возможность передачи знаний от поколения к поколениям.

Вторая (середина XVI в.) связана с изобретением книгопечатания, которое радикально изменило общество, культуру, организацию деятельности.

Третья (конец XIX в.) обусловлена изобретением электричества, благодаря которому появились средства электросвязи — телеграф, телефон, радио, позволяющие оперативно передавать и накапливать информацию в любом объеме.

Четвертая (70-е гг. XX в.) связана с изобретением микропроцессорной технологии и появлением персонального компьютера. На микропроцессорах и интегральных схемах создаются компьютеры, компьютерные сети, системы передачи данных (информационные коммуникации). Этот период характеризуют три фундаментальные инновации:

- переход от механических и электрических средств преобразования информации к электронным;
- миниатюризация всех узлов, устройств, приборов, машин;
- создание программно-управляемых устройств и процессов.

Последняя информационная революция выдвигает на первый план новую отрасль — *информационную индустрию*, связанную с производством технических средств, методов, технологий для производства новых знаний. Важнейшими составляющими информационной индустрии становятся все виды информационных технологий, особенно телекоммуникации. Современные информационно-коммуникационные технологии опираются на достижения в области компьютерной техники и средств связи [28,68,73,82].

Тенденции стремительного развития электронных коммуникаций очевидны. На наших глазах происходит слияние телерадиосетей, Интернета, мобильной связи и других медиа — в Глобальную Цифровую Сеть – гигантский супермаркет интерактивных развлечений и бездонный колодец информации на заказ. Люди получают небывалый выбор и мгновенный доступ к необходимой информации и любимым зрелищам. Новый класс цифровых потребителей ведет интерактивный образ жизни — развлекается и учится, знакомится и общается, покупает и продает.

Во всеобъемлющей Сети исчезают национальные границы, - активно формируются международные «электронные племена» — сообщества, объединяющие людей по общему увлечению или вере, по моде или возрасту. Обладая почти неограниченным транспортным потенциалом, цифровые сети быстро превращаются в вездесущую сферу производства услуг. Растет количество доступных телеканалов, интернет-сервисов и услуг мобильной связи. Множится число вещателей, провайдеров, операторов связи и модераторов. Огромными темпами растет цифровой рынок рекламы. Информация становится ключевым товаром новой экономики.

Информационно-коммуникационные технологии стали залогом успешного развития современной экономики и общества. В настоящее время информационно-коммуникационные технологии переживают процесс ускоренного развития. Если раньше этот процесс протекал в направлении четко определенной специализации и дифференциации, то сегодня ситуация принципиально изменилась: главным условием, которому технологии должны соответствовать, является возможность их универсального использования. Это требование нашло отражение в мультимедийных системах, способных объединять функции, например, телевизора и радиоприемника, фотолаборатории и виртуальной библиотеки, телефона и факса, обеспечивая при этом классический набор вычислительных функций и быстрый доступ к сети Интернет.

Одним из важнейших катализаторов этого процесса явилось мировое признание компьютерной сети Интернет. Появление Всемирной сети и начавшаяся по всему миру либерализация рынка, следствием которой стало соответствующее снижение стоимости коммуникационных услуг, — два основных фактора, которые сыграли определяющую роль в развитии информационной сферы, усиления ее социального аспекта. Последующее снижение цен на компьютеры и связь сделали их доступными для широких масс людей, а не только для бизнеса и государственных учреждений, что, в свою очередь, оказало решающее воздействие на информационную индустрию, у которой появились миллионы новых потребителей и обширные рынки сбыта. Согласно результатам проведенного министерством торговли США исследования, радио понадобилось 30 лет, чтобы достичь аудитории в 50 млн. человек, телевидению — 13 лет, а Интернету — всего 4 года (рис. 6).

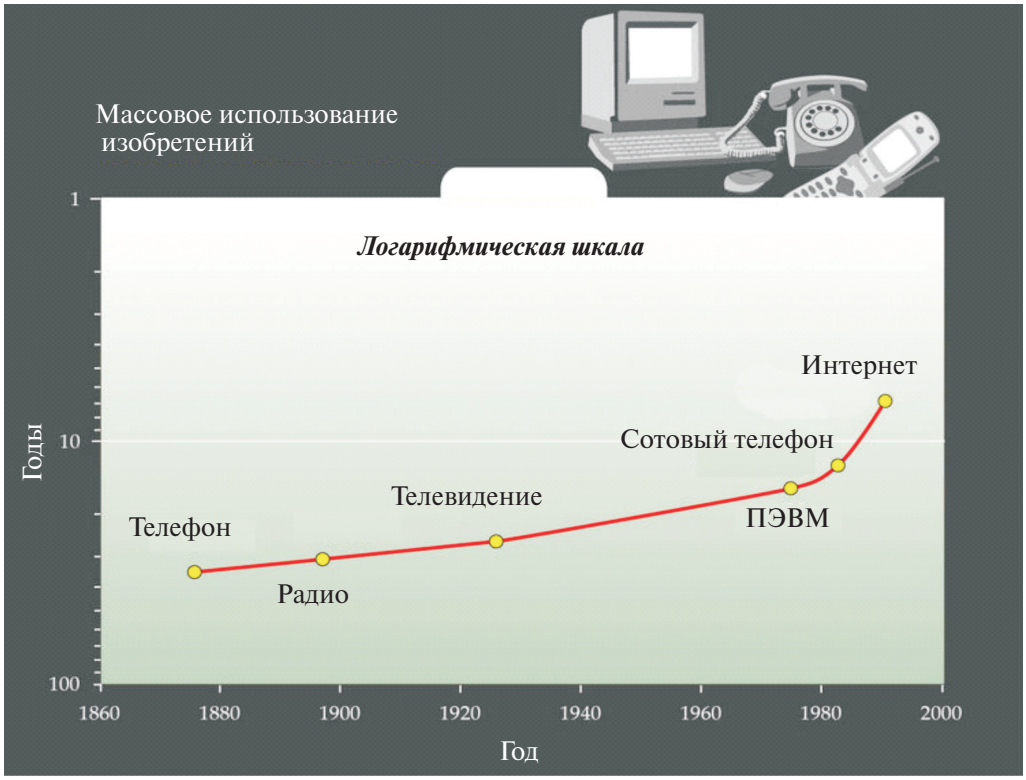


Рис. 6. Закон ускорения будущего

Наблюдаемый прогресс ИКТ открывает огромные возможности всем частным лицам, компаниям и сообществам более эффективно и творчески решать насущные экономические и социальные проблемы. Электронная коммерция и телеработа, дистанционное образование и телемедицина — вот далеко не все направления внедрения и непосредственного использования сегодня новых информационных технологий. Но особенно важным моментом является то, что с интенсивным развитием самих глобальных сетей совершенствуется и появившаяся возможность непосредственного общения между людьми различных народов и государств в режиме реального времени. Именно этот фактор оказывает возрастающее влияние на политику, экономику, культуру государств мира и международные отношения в целом.

Таким образом, современные достижения в информационной сфере носят поис-

тине революционный характер и создают предпосылки для движения к совершенно новому типу общества XXI века — информационному, или как его еще называют, обществу знания.

Одной из основополагающих характеристик информационного общества является его глобальный характер. Сегодня мы являемся свидетелями того, как в ходе его становления постепенно стираются границы между странами и людьми, радикально меняется структура мировой экономики. Подобные принципиальные изменения, вызванные стремительным развитием информационных и телекоммуникационных технологий, стали предметом особого внимания ученых, политиков, специалистов в информационной сфере.

Традиционным громоздким корпорациям американский социолог А. Тоффлер противопоставляет малые экономические формы, среди которых он особенно выделяет индивидуальную деятельность на дому и «электронный коттедж». Последний представляется автору следующим образом: «Радикальные изменения в сфере производства неизбежно повлекут за собой захватывающий дух социальные изменения. Еще при жизни нашего поколения крупнейшие фабрики и учреждения наполовину опустеют и превратятся в складские или жилые помещения. Когда в один прекрасный день мы получим технику, позволяющую в каждом доме оборудовать недорогое рабочее место, оснащенное «умной» печатной машинкой, а может быть, еще и копировальной машиной или компьютерным пультом и телекоммуникационным устройством, то возможности организации работы на дому резко возрастут».

Сегодняшнее положение дел в этой области показывает, насколько прав оказался Тоффлер в своих суждениях. Речь идет о развитии т.н. «дистанционных» трудовых отношений, называемых иначе «телеработой» или «телекомпьютингом».

Как показывает международный опыт, тенденция внедрения принципа «удаленной работы» (т.н. «телеворкинга» – работы через сеть Интернет или другие средства связи) получает все большее распространение в мире, а сам такой вид работы приносит громадные преимущества для бизнеса, государства и общества в целом. О популярности и распространенности удаленной работы в странах Европы и США говорят цифры: в 2003 году от 6 до 24% всего работающего населения США работали «на расстоянии» – постоянно или время от времени, из них только дома трудились 89%.

Согласно исследованиям, основными достоинствами удаленной работы в масштабах, как страны, так и фирмы, являются:

- уменьшение загрязнения воздуха вследствие того, что персоналу не нужно добираться на транспорте;
- улучшается качество жизни работника, который меньше времени стал проводить в общественном транспорте, пробках и т.д.;
- предприятие экономит значительные суммы в год на каждом удаленном работнике, за счет отсутствия аренды части офисных помещений для персонала;
- люди становятся гораздо более свободными из-за гибкого рабочего графика и поэтому они гораздо меньше подвержены абсентеизму (линия поведения, состоящая в намеренном игнорировании посещения каких-либо мероприятий);
- возможность получить работу практически в любой точке мира, что в свою очередь снижает уровень общей безработицы;
- расширение возможностей трудоустройства людей с ограничениями по здоровью, например, не позволяющими им передвигаться. С помощью новых информационных технологий последние также могут полноценно работать, обучаться и общаться.

Рубеж 1980/90-х годов можно обозначить как начало нового этапа в развитии концепций глобального информационного общества. Прежде всего, этот период связан с результатами исследований Питера Дракера и Мануэля Кастельса. П.Дракер, известный американский экономист, один из создателей современной теории менеджмента, принимал активное участие еще в дискуссиях начала 70-х годов. Однако свой непосредственный вклад в формирование нового облика существую-

щих концепций постиндустриализма он внес позднее, опубликовав книгу «Посткапиталистическое общество».[1] Ядром концепции Дракера является идея преодоления традиционного капитализма, причем, основными признаками происходящего сдвига считаются переход от индустриального хозяйства к экономической системе, основанной на знаниях и информации, преодоление капиталистической частной собственности, формирование новой системы ценностей современного человека и трансформация национального государства под воздействием процессов глобализации экономики и социума. Современная эпоха, по мнению Дракера, представляет собой время радикальной перестройки, когда с развитием новых информационно-телекоммуникационных технологий человечество получило реальный шанс преобразовать капиталистическое общество в общество, основанное на знаниях.

Американский социолог М.Кастельс в качестве отправной точки своих размышлений использует глобальную экономику и международные финансовые рынки как основные признаки формирующегося нового миропорядка. Его фундаментальное исследование «Информационная эра: экономика, общество и культура» посвящено развернутому анализу современных тенденций, приводящих к формированию основ общества, которое он назвал «сетевым».[2] Исходя из того, что информация по своей природе является таким ресурсом, который легче других проникает через всевозможные преграды и границы, информационная эра рассматривается им как эпоха глобализации. При этом сетевые структуры становятся одновременно и средством и результатом глобализации общества.

В своей книге Кастельс неоднократно обращает внимание читателя на существенное различие между уже существующими концепциями информационного общества (Information Society) и его собственной концепцией «информационального общества» (Informational Society). В концепциях информационного общества подчеркивается определяющая роль информации в обществе. По мнению автора, информация и обмен информацией сопровождали развитие цивилизации на протяжении всей истории человечества и имели особое значение во всех обществах. В то же время зарождающееся «информациональное общество» строится таким образом, что сбор, анализ и передача необходимой информации стали «фундаментальными источниками производительности и власти».

Вместе с тем цифровая эра бросает обществу, экономике и государству множество вызовов. Внятной модели информационного общества пока не создано, однако новые законы и правила игры возникают постоянно и заставляют с собой считаться. Количество цифровых вопросов нарастает как снежный ком. Кто управляет вниманием людей и диктует правила в Глобальной Сети? Не станет ли контроль над новыми технологиями и их применением властным инструментом новых «групп влияния»? Насколько опасна зависимость цифровой России от импортного оборудования и программного обеспечения? Не станет ли цифровое телерадиовещание хаотичной и раздробленной сферой коммерческой логики вещателей и связистов? Как отразится цифровое изобилие на информационной политике суверенного государства и на сфере его безопасности? Как предотвратить «цифровое неравенство» – неизбежные диспропорции в уровне доступности цифровых услуг для отдельных групп населения и отдельных регионов?

В документах женевского этапа Всемирного саммита по информационному обществу (WSIS, 2003 г.) информационное общество рассматривается как новый тип общества, в котором передовые технологии и в первую очередь ИКТ, станут доступными для всех средствами достижения благосостояния и справедливости.

В докладе ЮНЕСКО «К обществам знаний» (декабрь 2005 г.) постулируется, что в их основе лежит возможность создавать, находить, обрабатывать, преобразовывать, распространять и использовать информацию с целью получения и применения зна-

---

[1] Дракер П. Посткапителистическое общество. СПб., 1999.

[2] Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. М., 2000.

ний. Авторы доклада рассматривают общество знаний как наиболее совершенную на сегодня стадию общественного развития.

Капитал к этому вопросу подходит, как всегда, предельно прагматично, развивая и эксплуатируя «менеджмент знаний» и «экономику знаний». Категория экономики знаний сегодня охватывает множество концепций формирования и реализации стратегий постиндустриального развития. Заметное место среди них занимает подход, разработанный во Всемирном банке, согласно которому ведущими направлениями являются:

человеческий капитал, растущий при получении знаний и навыков в течение всей жизни;

инновационная система создания и освоения знаний, особенно в сфере технологий;

экономический и институциональный режимы, стимулирующие создание и применение знаний;

информационная инфраструктура на основе телекоммуникационных сетей, которая обеспечивает свободный доступ к информации и получение знаний.

В экономической жизни любой страны эти направления в той или иной мере присутствуют. Во Всемирном банке разработана методика, которая на основании компьютерной обработки значений 80 параметров позволяет рассчитывать индексы развития страны по каждому из этих направлений и сводный индекс экономики знаний, отражающий их потребление. В 2002 г. индекс знаний в России составил 6,05 (41-е место, между Болгарией и ОАЭ), а на первом месте была Швеция (9,17).

Для Западной Европы индекс был равен 8,27, в США — 8,50 (11-е место), а в Сьерра-Леоне, занявшей последнее, 128 место, — 0,41. В то же время по индексу развития информационной инфраструктуры Россия занимала 51-е, а экономического и институционального режимов — 86 место. По оценке того же банка, Китай в 2002 г. потреблял извне знаний в 70 раз больше, чем Россия.

Высокоскоростные сети ИКТ являются значимым фактором развития экономики знаний. Они призваны удовлетворить растущие потребности в распространении огромных потоков информации. Поэтому во многих странах их рассматривают как одну из систем обеспечения жизнедеятельности человека наравне со снабжением его электричеством, водой и газом.

Сети электронных коммуникаций призваны удовлетворить потребности в распространении быстро растущих потоков информации. По состоянию на 2007 г. объем созданной за всю историю человечества информации оценивался в 281 Эксабайт (миллиардов гигабайт) или 45 гигабайт на человека. Прогноз на 2011 г. — 1800 Эксабайт. Причем около 25% этой информации будет приходиться на различного рода видеоинформацию.

В таблице 2 приведены данные о состоянии рынка и аудитории электронных коммуникаций в ряде стран мира, обобщенные в докладе регулятора ЭК Великобритании Ofcom International Communication Markets 2006 [43,44].

Таблица 2

Состояние рынка и аудитории электронных коммуникаций

Услуги	Англия	Франция	Германия	Италия	США	Япония	Китай	Россия
Объем услуг, млрд. фунтов	24.8	21.6	31.9	25.4	126.4	75.4	36.4	15.4
Объем услуг на 1 человека, фунтов	410	356	387	436	426	591	28	108
Число фиксированных линий на 100 человек	56.2	54.6	65.8	45.8	59.6	50.8	26.9	22.4

Услуги	Англия	Франция	Германия	Италия	США	Япония	Китай	Россия
Число мобильных телефонов на 100 чел.	108	77	96	123	70	71	29	> 100
Число линий широкополосных каналов на 100 человек	39.3	37.5	28.3	30.9	38.0	43.9	11.6	5.2
Доля выделенных линий в общем числе широкополосных каналов, %	73.3	94.0	97.2	94.8	42.2	64..8	71.8	72%
Количество беспроводных (радио) присоединений на 100 000 чел.	17.6	16.2	10.5	3.0	8.8	5.3	0.2	4,9
Телевидение								
Объем услуг, млрд фунтов	9.9	6.9	8.4	5.4	74.7	19.5	4.5	2.1
объем услуг на 1 чел., фунтов:	164	114	102	94	253	154	4	15
реклама	59	37	36	55	253	83	2	12
подписка	65	47	29	21	131	45	2	1,5
Год выключения аналогового ТВ	2012	2011	2009	2012	2009	2011	Нет даты	2015 (прогноз)
Радио								
Объем доходов, млрд фунтов	1.2	1.1	2.2	0.8	11.0	1.9	0.2	0,3
Объем услуг на 1 человека, фунтов	21	18	26	14	39	15	0.13	2

Среди факторов, ускоряющих развитие экономики знаний, наиболее значимы взрывной рост и тотальное проникновение цифровых технологических инноваций, которые прогнозируются еще в течение 15-20 лет, а также разработка государственных стратегий и соответствующих программ развития широкополосных сетей электронных коммуникаций.

Многие специалисты в области связи представляют мультисервисные сети как результат конвергенции систем телекоммуникаций, телевизионного и радиовещания путем их постепенного слияния. Среди основных претендентов на роль единой универсальной базы (платформы) они называют сети нового поколения на основе специального интернет-протокола IMS (internet protocol multimedia services). Эти сети будут обладать важными отличиями, среди которых можно указать следующие:

вездесущность (ubiquitous), обеспечивающая доступ к любому контенту на любом терминале любому пользователю в любое время и в любом месте;

возможность соединения любых одушевленных и неодушевленных материальных субъектов и объектов, оснащенных радиочипами для приема и передачи информации в так называемом интернете вещей;

топология, позволяющая существование произвольных конфигураций соединений терминалов путем самоорганизации индивидуальных пользователей, которые смогут группироваться в локальные сообщества.

В мультисервисных сетях будущего сформируется пять основных видов концентраторов потоков информации: жилище («умный» дом), транспортное средство («сетевой» автомобиль, самолет, поезд, корабль), рабочее место — вплоть до мобильного

офиса или даже предприятия, общественные места и, наконец, сам пользователь, оснащенный многофункциональным мультимедийным терминалом — мобильным или стационарным, проводным или беспроводным. Люди в этих узлах в процессе обмена информацией по законам синергетики группируются в диссипативные (упорядоченные квазиустойчивые) структуры, формируя локальные сообщества, или community.

Возможности самоорганизации в мультисервисных сетях резко возрастут благодаря новым проектам на основе магистральных оптоволоконных сетей, высокопроизводительных вычислительных многопроцессорных систем и спутниковых широкополосных сетей с широким доступом пользователей. Ряд из них уже дает практическую отдачу. В Европе в рамках проекта GEANT развернута межконтинентальная магистральная сеть, позволяющая передавать информацию со скоростью до 10 Гбит/с.

Среди факторов, ускоряющих развитие ИКТ, наиболее значимыми являются:

- взрывной рост цифровых технологических инноваций, развивающихся по закону Мура (прогнозируется продолжение его действия еще в течение 15-20 лет или до тепловой смерти чипов);
- опережающее развитие радиокоммуникаций;
- государственные стратегии внедрения широкополосного Интернета (во всех более или менее развитых странах существуют специальные программы). Именно поэтому, например, в Японии популярна аббревиатура IMBW = Internet + Mobile + Broadband + Wireless.

Под влиянием цифрового синтеза выстраивается следующая эволюционная цепочка: разрозненные специализированные сети ИКТ (телекоммуникаций — ТК, информатики — ИТ, телерадиовещания — ТВ) объединятся в гетерогенную сеть, затем она трансформируется в универсальную гомогенную сеть, которая, в свою очередь, станет зародышем электронной окружающей среды.

В мае 2006 г. Международный союз электросвязи (МСЭ) представил новые данные о продвижении к информационному обществу в формате «индекса цифровых возможностей» (digital opportunity index, DOI), значение которого для России равно -0,44 (60-е место).

Сегодня в ряде развитых стран (например, Японии) взят вектор развития общества в направлении создания «общества вездесущих технологий» (ОВС или UNS).

Словом ubiquitous computing или ubicomp в 1988 г. американец М. Вейзером назвал третью волну компьютеризации, в ходе которой вычислительные модули встроят в повседневные объекты и окружающую среду и, независимо от времени и места нахождения соединят сетями электронных коммуникаций.

Сегодня термин ubiquitous (всеобъемлющий, всепроникающий, вездесущий) постепенно начинает заменять слово «электронный» в названиях государственных стратегий инфокоммуникационных технологий новых поколений.

На смену «е-стратегиям» ИКТ приходят «u-стратегии» ЭК. В данном случае «u» означает нацеленность на формирование «обществ вездесущих сетей (ОВС) — ubiquitous network societies (UNS)». U-society — это общество, в котором информационные технологии органично вписываются во все аспекты обыденной жизни. Предполагается, что вездесущее общество должно прийти на смену информационному обществу, которое в свою очередь сменило индустриальное общество.

Ключевое слова U-общества («общества вездесущих сетей») — это слово «любой»: любой контент (голосовой, видео, данные) любому пользователю (как мобильных, так и фиксированных сетей) в любое время, в любом месте и на любой терминал. Причем участие «любого пользователя» подразумевает не только коммуникации между людьми — P2P, но и между людьми и товарами (машинами) — P2M, а также между товарами (машинами) — M2M. По словам гендиректора компании NTT DoCoMo (Япония) абонентами компании будут не одни лишь люди, но и холодильники и домашние животные. В Японии уже начат выпуск туалетов, подключаемых к

информационным системам: дабы on-line сделать анализ и получить медицинские рекомендации.

Вся совокупность процессов эволюции сетей электронных коммуникаций подводит к формированию виртуальной креативной окружающей среды, своего рода виртуального Соляриса.

Новая среда, пронизывая все уровни человеческих потребностей, формирует новый образ жизни человека в обществах знаний, одновременно наделяя индивида и социум определенным набором свойств. СМИ становятся мультимедийными (ММ), усиливается взаимопроникновение технологий и бизнеса отдельных видов электронных коммуникаций: Интернет внедряется в ТВ, ТВ стремится в Интернет. В новых медиа (мобильное ТВ, Интернет-ТВ, включая P2P) прослеживается нацеленность уже и на продукты, и на услуги. Изменяются бизнес-модели, в развитых странах расширяются объемы некоммерческого распространения контента. Так, предполагается, что в Европе к 2012 г. в цифровом телевидении соотношение между платным и бесплатным вещанием будет 50:50, сейчас — 75:25).

Интерпретируя эти процессы, социологи прогнозируют переход от постиндустриальной стадии к когнитивной фазе развития. Отдельные страны уже разрабатывают государственные программы, включающие наиболее очевидные элементы развития сетей ЭК.

А на горизонте уже виден TWIM (Terrestrial Wireless Interactive Multimedia Systems) — проект, относящийся к области пересечения традиционных, ориентированных на конечного пользователя услуг ТВ, ТК и ИТ. В нем может осуществиться конвергенция ИКТ-услуг на функциональном и техническом уровне, в том числе при совместном использовании частотного ресурса.

3.2. Развитие информационного общества в Российской Федерации

Современный период развития человеческой культуры и цивилизации характеризуется новым этапом в эволюции характера основных социальных процессов и отличается стремлением развитого индустриального общества к совершенствованию своих социальных структур и институтов. Изучение этих процессов заставляет и ученых, и политиков делать выводы о том, что человечество, в лице последних достижений научно-технического прогресса и новейшей информационной революции, имеет дело с факторами постиндустриального социально-экономического развития в рамках современной цивилизации. Ключевыми социотехническими условиями, формирующими и направляющими процессы постиндустриального развития, является сознательное и целенаправленное использование в экономике и социальной практике систем искусственного интеллекта, информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), сети Интернет, новых технологий телевизионного вещания[103].

Расширение сфер применения технических и технологических инноваций порождает неоднозначные и нетривиальные формы государственного, политического и социокультурного развития. В связи с этим постиндустриальный этап в развитии современной цивилизации характеризуется качественно новыми формами социальной и экономической эволюции. Ведущей и во многом знаковой особенностью современного мира становится формирование глобальной информационной индустрии, развитие которой трансформирует роль информации и знаний в социально-экономическом развитии и влияет на сознание и самосознание человека. Положение и место человека в современном мире стремительно изменяется.

Сфера телекоммуникаций и информационных технологий в современном мире

признается одной из главных движущих сил постиндустриального развития, продвижения к информационному обществу и решения социально-экономических проблем, вызывающей кардинальные изменения в экономике, демографии, политике и культурной жизни общества.

Особый механизм влияния информационно-коммуникационных технологий проявляется в системном изменении всей культуры общества, как социальной категории. Наибольшее влияние они оказывает на состояние человеческого капитала, технологическую и управленческую культуру.

Основные мировые тенденции развития сферы ИКТ:

— стремительное развитие технологий и конвергенция в сфере ИКТ, называемое иногда «цифровой революцией», приводящее к серьезным изменениям общества и рынка. Они включают появление новых видов сетей, услуг и приложений, бизнес – моделей и реструктуризацию самой этой сферы;

— формирование вездесущих (ubiquiotous) сетей инфокоммуникаций: любой контент становится доступен любому пользователю везде, всегда и на любом терминале;

— темпы технологического развития сферы ИКТ выше динамики роста потребностей в услугах и развития регулирования в этой сфере, что стимулирует его реформирование.

Широкое внедрение современных информационно-коммуникационных технологий в экономику, государственное управление, в разнообразные общественные процессы рассматривается как важнейшая составляющая ускоренного развития России, структурных преобразований в экономике и реформы государственного управления.

Последние 5–6 лет темпы развития сферы ИКТ выше темпов роста экономики России. В целом в сфере ИКТ занято до 2% населения страны. Доля ее услуг в ВВП превышает 4%. Общий объем рынка ИКТ в России вырос в 2006 году на 17% по сравнению с предыдущим годом и составил около 4,4% ВВП. Значительно возрос объем иностранных инвестиций, заметна позитивная динамика капитализации отрасли. Мининформсвязи РФ прогнозирует к 2010 г увеличение доли ИКТ в структуре ВВП до 10 %.

Однако, несмотря на высокие темпы роста, объем рынка ИКТ страны составляет около 45 млрд. долл. США. Для сравнения, в США объем рынка только ИТ превышает 500 млрд. долларов, а годовой объем только экспорта ИКТ из Китая превышает 150 млрд. долл. США. При этом российский потребительский рынок практически полностью зависит от импорта технических средств ИКТ.

Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации

Основой для подготовки и уточнения доктринальных, концептуальных, программных и иных документов, определяющих цели и направления деятельности органов государственной власти, а также принципы и механизмы их взаимодействия с организациями и гражданами в области развития информационного общества в Российской Федерации является Стратегия развития информационного обществав в Российской Федерации, утвержденная Президентом Российской Федерации В.Путиным 7 февраля 2008 г. (№ Пр-212).

В Стратегии подчеркивается, что информационное общество характеризуется высоким уровнем развития информационных и телекоммуникационных технологий и их интенсивным использованием гражданами, бизнесом и органами государственной власти.

Увеличение добавленной стоимости в экономике происходит сегодня в значи-

тельной мере за счет интеллектуальной деятельности, повышения технологического уровня производства и распространения современных информационных и телекоммуникационных технологий.

Существующие хозяйственные системы интегрируются в экономику знаний. Переход от индустриального к постиндустриальному обществу существенно усиливает роль интеллектуальных факторов производства.

Международный опыт показывает, что высокие технологии, в том числе информационные и телекоммуникационные, уже стали локомотивом социально-экономического развития многих стран мира, а обеспечение гарантированного свободного доступа граждан к информации — одной из важнейших задач государств.

Динамика показателей развития информационной и телекоммуникационной инфраструктуры и высоких технологий в России не позволяет рассчитывать на существенные изменения в ближайшем будущем без совместных целенаправленных усилий органов государственной власти, бизнеса и гражданского общества. Необходимо уже в среднесрочной перспективе реализовать имеющийся культурный, образовательный и научно-технологический потенциал страны и обеспечить Российской Федерации достойное место среди лидеров глобального информационного общества.

В настоящей Стратегии закрепляются цель, задачи, принципы и основные направления государственной политики в области использования и развития информационных и телекоммуникационных технологий, науки, образования и культуры для продвижения страны по пути формирования и развития информационного общества.

Целью формирования и развития информационного общества в Российской Федерации является повышение качества жизни граждан, обеспечение конкурентоспособности России, развитие экономической, социально-политической, культурной и духовной сфер жизни общества, совершенствование системы государственного управления на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий.

К числу основных задач, требующих решения для достижения поставленной цели, относятся:

формирование современной информационной и телекоммуникационной инфраструктуры, предоставление на ее основе качественных услуг и обеспечение высокого уровня доступности для населения информации и технологий;

повышение качества образования, медицинского обслуживания, социальной защиты населения на основе развития и использования информационных и телекоммуникационных технологий;

совершенствование системы государственных гарантий конституционных прав человека и гражданина в информационной сфере;

развитие экономики Российской Федерации на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий;

повышение эффективности государственного управления и местного самоуправления, взаимодействия гражданского общества и бизнеса с органами государственной власти, качества и оперативности предоставления государственных услуг;

развитие науки, технологий и техники, подготовка квалифицированных кадров в сфере информационных и телекоммуникационных технологий;

сохранение культуры многонационального народа Российской Федерации, укрепление нравственных и патриотических принципов в общественном сознании, развитие системы культурного и гуманитарного просвещения;

противодействие использованию потенциала информационных и телекоммуникационных технологий в целях угрозы национальным интересам России.

Развитие информационного общества в Российской Федерации базируется на следующих принципах:

партнерство государства, бизнеса и гражданского общества;

свобода и равенство доступа к информации и знаниям;

поддержка отечественных производителей продукции и услуг в сфере информационных и телекоммуникационных технологий;

содействие развитию международного сотрудничества в сфере информационных и телекоммуникационных технологий;

обеспечение национальной безопасности в информационной сфере.

Для решения поставленных задач государство:

разрабатывает основные мероприятия по развитию информационного общества, создает условия для их выполнения во взаимодействии с бизнесом и гражданским обществом;

определяет контрольные значения показателей развития информационного общества в Российской Федерации;

обеспечивает развитие законодательства и совершенствование правоприменительной практики в области использования информационных и телекоммуникационных технологий;

создает благоприятные условия для интенсивного развития науки, образования и культуры, разработки и внедрения в производство наукоемких информационных и телекоммуникационных технологий;

обеспечивает повышение качества и оперативности предоставления государственных услуг организациям и гражданам на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий;

создает условия для равного доступа граждан к информации;

использует возможности информационных и телекоммуникационных технологий для укрепления обороноспособности страны и безопасности государства.

Основные направления реализации настоящей Стратегии

1. В области формирования современной информационной и телекоммуникационной инфраструктуры, предоставления на ее основе качественных услуг в сфере информационных и телекоммуникационных технологий и обеспечения высокого уровня доступности для населения информации и технологий:

создание инфраструктуры широкополосного доступа на всей территории Российской Федерации, в том числе с использованием механизмов частно-государственного партнерства;

повышение доступности для населения и организаций современных услуг в сфере информационных и телекоммуникационных технологий;

формирование единого информационного пространства, в том числе для решения задач обеспечения национальной безопасности;

модернизация системы телерадиовещания, расширение зоны уверенного приема российских телерадиопрограмм;

создание системы общественных центров доступа населения к государственным информационным ресурсам, в том числе государственной системы правовой информации.

2. В области повышения качества образования, медицинского обслуживания, социальной защиты населения на основе развития и использования информационных и телекоммуникационных технологий:

расширение использования информационных и телекоммуникационных технологий для развития новых форм и методов обучения, в том числе дистанционного образования;

внедрение новых методов оказания медицинской помощи населению, а также дистанционного обслуживания пациентов;

предоставление гражданам социальных услуг на всей территории Российской Федерации с использованием информационных и телекоммуникационных технологий.

3. В области совершенствования системы государственных гарантий конституционных прав и свобод человека и гражданина в информационной сфере основным направлением является развитие законодательных механизмов.

4. В области развития экономики Российской Федерации на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий:

стимулирование применения организациями и гражданами информационных и телекоммуникационных технологий;

создание условий для развития конкурентоспособной отечественной индустрии информационных и телекоммуникационных технологий, средств вычислительной техники, радиоэлектроники, телекоммуникационного оборудования и программного обеспечения;

привлечение инвестиций для развития российской отрасли информационных и телекоммуникационных технологий, а также отечественной электронной промышленности;

создание условий для развития компаний, работающих в области электронной торговли;

развитие венчурного финансирования высокотехнологичных инновационных проектов в сфере информационных и телекоммуникационных технологий;

стимулирование создания новых компаний, занятых производством высокотехнологичного оборудования и продукции в сфере информационных и телекоммуникационных технологий;

увеличение объемов экспорта продукции и услуг в сфере информационных и телекоммуникационных технологий;

повышение экономической эффективности использования российскими правообладателями объектов интеллектуальной собственности;

развитие системы региональной информатизации.

5. В области повышения эффективности государственного управления и местного самоуправления, взаимодействия гражданского общества и бизнеса с органами государственной власти, качества и оперативности предоставления государственных услуг:

обеспечение эффективного межведомственного и межрегионального информационного обмена;

интеграция государственных информационных систем и ресурсов;

увеличение объемов и качества государственных услуг, предоставляемых организациям и гражданам в электронном виде;

совершенствование нормативно-правового обеспечения стандартизации и администрирования государственных услуг;

совершенствование системы предоставления государственных и муниципальных услуг гражданам и организациям.

6. В области развития науки, технологий, техники и подготовки квалифицированных кадров в сфере информационных и телекоммуникационных технологий:

развитие приоритетных направлений науки, технологий и техники на основе формируемых долгосрочных прогнозов технологического развития (форсайт);

создание условий для коммерциализации и внедрения результатов научных исследований и экспериментальных разработок, а также расширение обмена, научной информацией;

создание правовых, организационных и иных условий для укрепления научно-исследовательского сектора высшей школы, государственных академий и отраслевой науки, оснащения вузов, научных организаций и исследовательских центров современным научно-исследовательским, технологическим и учебным оборудованием;

повышение качества подготовки специалистов и создание системы непрерывного обучения государственных служащих в области информационных и телекоммуникационных технологий.

7. В области сохранения культуры многонационального народа Российской Федерация, укрепления нравственных и патриотических принципов в общественном сознании, развития системы культурного и гуманитарного просвещения:

развитие системы библиотечных фондов, в том числе Президентской библиоте-

ки имени Б.Н. Ельцина, на основе применения информационных и телекоммуникационных технологий;

поддержка реализации социально значимых проектов в средствах массовой информации;

формирование государственного заказа на создание и распространение кинематографической и печатной продукции, телерадиопрограмм и интернет-ресурсов в области культуры;

поддержка деятельности государственных и негосударственных организаций по сохранению культурных и нравственных ценностей, традиций патриотизма и гуманизма в обществе;

пропаганда культурных и нравственных ценностей российского народа;

сохранение культурного наследия России, обеспечение его доступности для граждан.

8. В области противодействия использованию потенциала информационных и телекоммуникационных технологий в целях угрозы национальным интересам России:

обеспечение безопасности функционирования информационно-телекоммуникационной инфраструктуры;

обеспечение безопасности функционирования информационных и телекоммуникационных систем ключевых объектов инфраструктуры Российской Федерации, в том числе критических объектов и объектов повышенной опасности;

повышение уровня защищенности корпоративных и индивидуальных информационных систем;

создание единой системы информационно-телекоммуникационного обеспечения нужд государственного управления, обороны страны, национальной безопасности и правопорядка;

совершенствование правоприменительной практики в области противодействия угрозам использования информационных и телекоммуникационных технологий во враждебных целях;

обеспечение неприкосновенности частной жизни, личной и семейной тайны, соблюдение требований по обеспечению безопасности информации ограниченного доступа;

противодействие распространению идеологии терроризма и экстремизма, пропаганде насилия.

Контрольные значения показателей развития информационного общества в Российской Федерации на период до 2015 года

В результате реализации основных направлений и мероприятий Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации (далее — Стратегия) к 2015 году должны быть достигнуты следующие контрольные значения показателей:

место Российской Федерации в международных рейтингах в области развития информационного общества — в числе двадцати ведущих стран мира;

место Российской Федерации в международных рейтингах по уровню доступности национальной информационной и телекоммуникационной инфраструктуры для субъектов информационной сферы — не ниже десятого;

уровень доступности для населения базовых услуг в сфере информационных и телекоммуникационных технологий — 100%;

доля отечественных товаров и услуг в объеме внутреннего рынка информационных и телекоммуникационных технологий — более 50%;

рост объема инвестиций в использование информационных и телекоммуникационных технологий в национальной экономике по сравнению с 2007 годом — не менее чем в 2,5 раза;

сокращение различий между субъектами Российской Федерации по интегральным показателям информационного развития — до 2 раз;

уровень использования линий широкополосного доступа на 100 человек населения за счет всех технологий: к 2010 году — 15 линий и к 2015 году — 35 линий;

наличие персональных компьютеров, в том числе подключенных к сети Интернет, — не менее чем в 75% домашних хозяйств;

доля исследований и разработок в сфере информационных и телекоммуникационных технологий в общем объеме научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, осуществляемых за счет всех источников финансирования: к 2010 году — не менее 15% и к 2015 году — 30%;

рост доли патентов, выданных в сфере информационных и телекоммуникационных технологий, в общем числе патентов: к 2010 году — не менее чем в 1,5 раза и к 2015 году — в 2 раза;

доля государственных услуг, которые население может получить с использованием информационных и телекоммуникационных технологий, в общем объеме государственных услуг в Российской Федерации — 100%;

доля электронного документооборота между органами государственной власти в общем объеме документооборота — 70%;

доля размещенных заказов на поставки товаров, выполнение работ и оказание услуг для государственных и муниципальных нужд самоуправления с использованием электронных торговых площадок в общем объеме размещаемых заказов — 100%;

доля архивных фондов, включая фонды аудио— и видеоархивов, переведенных в электронную форму, — не менее 20%;

доля библиотечных фондов, переведенных в электронную форму, в общем объеме фондов общедоступных библиотек — не менее 50%, в том числе библиотечных каталогов — 100%;

доля электронных каталогов в общем объеме каталогов Музейного фонда Российской Федерации — 100%.

3.3. Роль и значение Интернета

Интернет (*англ. Internet*, от *Inter*connected *Net*works — объединённые сети) — глобальная телекоммуникационная сеть информационных и вычислительных ресурсов. Служит физической основой для Всемирной паутины.

Всемирная паути на (*англ. World Wide Web*) — глобальное информационное пространство, основанное на физической инфраструктуре Интернета и протоколе передачи данных HTTP; подмножество сети Интернет. Часто, говоря об Интернете, имеют в виду именно Всемирную паутину. Для обозначения Всемирной паутины также используют слово **веб** (*англ. web*) и «WWW». Часто упоминается как **Всемирная сеть**, **Глобальная сеть**, либо просто **Сеть**. Слово Интернет употребляется в обиходе как Всемирная паутина и доступная в ней информация, а не сама физическая сеть. К середине 2008 года число пользователей, регулярно использующих Интернет, составило около 1,4 млрд человек (около четверти земного населения).

Русский писатель, философ и общественный деятель 19 в. В.Одоевский (1803-1869) в своём незаконченном утопическом романе «4338-й год», написанном в 1837 г. первым предсказал появление современных блогов и Интернета. Среди других размышлений в тексте романа есть строки «между знакомыми домами устроены магнетические телеграфы, посредством которых живущие на далёком расстоянии, общаются друг с другом».

Великий Никола Тесла (1856-1943) еще в 1908 году писал о применении электрической информационной связи для целей бизнеса: «Когда проект будет завершён, бизнесмен в Нью-Йорке сможет диктовать указания, и они будут немедленно появляться в его офисе в Лондоне или любом другом месте. Он сможет со своего рабочего

места позвонить любому абоненту на планете, не меняя существующего оборудования. Дешёвое устройство, по размерам не больше чем часы, позволит его обладателю слушать на воде и суше музыку, песни, речи политиков, учёных, проповеди священников, доставляемые на большие расстояния. Таким же образом любое изображение, символ, рисунок, текст могут быть переданы из одного места в другое. Миллионы таких устройств могут контролироваться единственной станцией. И самое главное, что все это будет передаваться без проводов...».

Структура Всемирной паутины изображена на рис. 7.

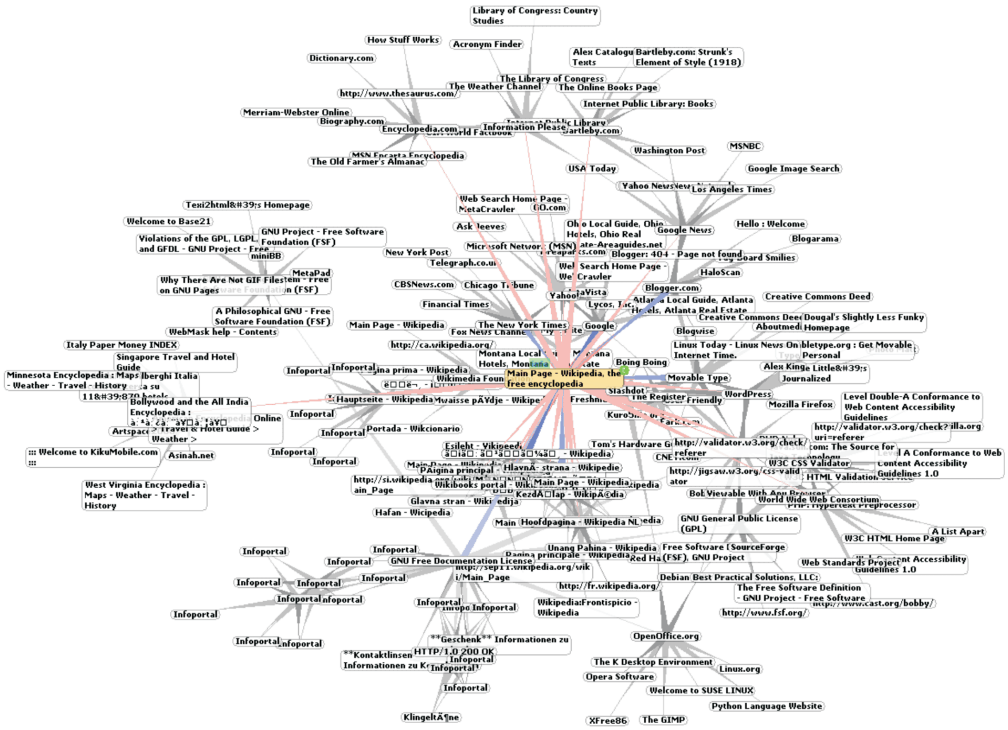


Рис. 7. Графическое изображение информации во Всемирной паутине

Всемирную паутину образуют миллионы веб-серверов сети Интернет, расположенных по всему миру. Веб-сервер является программой, запускаемой на подключённом к сети компьютере и использующей протокол HTTP для передачи данных. В простейшем виде такая программа получает по сети HTTP-запрос на определённый ресурс, находит соответствующий файл на локальном жестком диске и отправляет его по сети запросившему компьютеру.

Для идентификации ресурсов во Всемирной паутине используются единообразные идентификаторы ресурсов URI (англ. *Uniform Resource Identifier*). Для определения местонахождения ресурсов в сети используются единообразные локаторы ресурсов URL (англ. *Uniform Resource Locator*). Такие URL-локаторы сочетают в себе технологию идентификации URI и систему доменных имён DNS (англ. *Domain Name System*) — доменное имя (или непосредственно IP-адрес в числовой записи) входит в состав URL для обозначения компьютера (точнее — одного из его сетевых интерфейсов), который исполняет код нужного веб-сервера.

Для просмотра информации, полученной от веб-сервера, на клиентском компьютере применяется специальная программа — веб-браузер для отображения ги-

пертекста. Большая часть информации в Интернете представляет собой именно гипертекст.

Для облегчения создания, хранения и отображения гипертекста во Всемирной паутине традиционно используется язык HTML (*англ. HyperText Markup Language*), язык разметки гипертекста. После HTML-разметки получившийся гипертекст помещается в файл, такой HTML-файл является самым распространённым ресурсом Всемирной паутины. После того, как HTML-файл становится доступен веб-серверу, его начинают называть «веб-страницей». Набор веб-страниц образует веб-сайт. В гипертекст веб-страниц добавляются гиперссылки. Гиперссылки помогают пользователям Всемирной паутины легко перемещаться между ресурсами (файлами) вне зависимости от того, находятся ресурсы на локальном компьютере или на удалённом сервере. Гиперссылки веба основаны на технологии URL.

Поисковая система — ***веб-сайт***, предоставляющий возможность поиска информации в Интернете. Основной частью поисковой системы является поисковая машина ***(поисковый движок)*** – комплекс программ, обеспечивающий функциональность поисковой системы. Основными критериями качества работы поисковой машины являются релевантность (степень соответствия запроса и найденного, т.е. уместность результата), полнота базы, учёт морфологии языка. Индексация информации осуществляется специальными поисковыми роботами.

Крупнейшие поисковые системы — ***Google, Yahoo, MSN, Microsoft Live Search, AOL, Ask, AltaVista, Excite.*** 23 сентября 1997 г. была открыта крупнейшая русскоязычная поисковая система ***Яндекс***.

Интернет состоит из многих тысяч корпоративных, научных, правительственных и домашних компьютерных сетей. Объединение сетей разной архитектуры и топологии стало возможно благодаря протоколу IP (*англ. Internet Protocol*) и принципу маршрутизации пакетов данных.

Протокол IP был специально создан агностическим в отношении физических каналов связи. То есть любая система (сеть) передачи цифровых данных, проводная или беспроводная, для которой существует стандарт инкапсуляции в неё IP-пакетов, может передавать и трафик Интернета. Агностицизм протокола IP, в частности, означает, что компьютер или маршрутизатор должен знать тип сетей, к которым он непосредственно присоединён, и уметь работать с этими сетями; но не обязан (и в большинстве случаев не может) знать, какие сети находятся за маршрутизаторами.

На стыках сетей специальные маршрутизаторы (программные или аппаратные) занимаются автоматической сортировкой и перенаправлением пакетов данных, исходя из IP-адресов получателей этих пакетов. Протокол IP образует единое адресное пространство в масштабах всего мира, но в каждой отдельной сети может существовать и собственное адресное подпространство, которое выбирается исходя из класса сети. Такая организация IP-адресов позволяет маршрутизаторам однозначно определять дальнейшее направление для каждого пакета данных. В результате между отдельными сетями Интернета не возникает конфликтов, и данные беспрепятственно и точно передаются из сети в сеть по всей планете и ближнему космосу.

Электронная почта (*англ.* email, e-mail, electronic mail) — технология и предоставляемые ею услуги по пересылке и получению электронных сообщений (называемых «письма» или «электронные письма») по распределённой (в том числе глобальной) компьютерной сети. Основным отличием от прочих систем передачи сообщений является возможность отложенной доставки и развитая (и запутанная из-за длительного времени развития) система взаимодействия между независимыми *почтовыми серверами*.

Электронная почта, по мере роста популярности начала использоваться для рассылки незапрошенных рекламных сообщений (*спам*). Однако, в отличие от существенной стоимости бумажной рассылки, отправка значительного количества (мил-

лионов и миллиардов) сообщений практически ничего не стоит отправителю. Это привело к непропорциональному росту количества и размера рекламных рассылок. Объём спама составляет сейчас до 80 % от общей почтовой переписки (то есть превышает объём полезной почтовой нагрузки в 5 раз). Для борьбы со спамом были разработаны различные механизмы (чёрные списки отправителей, серые списки, требующие повторного обращения почтового сервера для отправки, контекстные фильтры). Одним из последствий внедрения средств борьбы со спамом стала вероятность «ошибочно положительного» решения относительно спама, то есть часть писем, не являющихся спамом, стала помечаться как спам. В случае агрессивной антиспам-политики (уничтожение писем, кажущихся спамом, в автоматическом режиме без уведомления отправителя/получателя) это приводит к труднообнаруживаемым проблемам с прохождением почты.

Интернет – основной элемент инфраструктуры информационного общества. Из научно-исследовательского и учебного инструмента Интернет превратился в общедоступный глобальный инструмент и управление его использованием является одним из основных вопросов повестки дня информационного общества.

Развитием протоколов Всемирной сети занимаются «Группа по решению задач проектирования Интернета» (IETF — *англ. Internet Engineering Task Force*) и её рабочие группы. Комитеты организации публикуют документы (RFC), в которых даются технические спецификации и точные объяснения по многим вопросам. Некоторые документы RFC возводятся Советом по архитектуре Интернета в статус стандартов Интернета. Интернет-организации входят в Общество Интернета (*англ. Internet Society, ISOC*), которое предоставляет организационную основу для разных исследовательских и консультативных групп, занимающихся развитием Интернет. Создан Форум управления Интернетом под эгидой ООН (Internet Governance Forum), а в структуре ООН учреждена Рабочая группа по управлению использованием Интернет.

Особенности построения и функционирования Интернета:

1. у Интернета нет собственника, так как он является совокупностью сетей, которые имеют различную географическую принадлежность;
2. Интернет нельзя выключить целиком, поскольку маршрутизаторы сетей не имеют единого внешнего управления;
3. Интернет стал достоянием всего человечества;
4. Интернете имеется много полезных и не очень свойств, эксплуатируемых заинтересованными лицами;
5. Интернет, прежде всего, средство открытого хранения и распространения информации. По маршруту транспортировки незашифрованная информация может быть перехвачена и прочитана;
6. Интернет может связать каждый компьютер с любым другим, подключённым к Сети, так же, как и телефонная сеть. Если телефон имеет автоответчик, он способен распространять информацию, записанную в него, любому позвонившему;
7. сайты в Интернете распространяют информацию по такому же принципу: индивидуально, по инициативе читателя;
8. спам-сервера и «зомби-сети» распространяют информацию по инициативе отправителя и забивают почтовые ящики пользователей электронной почты спамом точно так же, как забивают реальные почтовые ящики распространители рекламных листовок и брошюр.
9. распространение информации в Интернете имеет такую же природу, что и слухи в социальной среде. Если к информации есть большой интерес, она распространяется широко и быстро, нет интереса — нет распространения.

Во многих странах существуют серьёзные ограничения на функционирование сети, то есть на государственном уровне осуществляется запрет на доступ к отдельным сайтам или всей сети. Поскольку в Интернете присутствуют информационные ресурсы, которые бывают неудобны для некоторых правительств, то последние пыта-

ются декларировать Интернет (а это информационная среда, как и телефонная сеть, или просто бумага) как средство массовой информации, со всеми вытекающими ограничениями. Встречается и государственная монополия на само подключение к сети Интернет.

По последним данным, в России пользуются Интернетом около 40 млн. граждан. Страной с наибольшим онлайн-населением сегодня является Китай, в 2012 году число пользователей Интернета в этой стране будет равняться 375 миллионам.

Основные методы доступа к сети Интернет включают в себя dial-up, наземные линии (через коаксиальный кабель, оптоволокно или медные провода), цифровые телекоммуникационные линии, беспроводные соединения (Wi-Fi, WiMax), cgenybr и сотовые телефоны).

Соединения Dial-up являются наиболее распространенным типом интернет-соединения, доступного от Интернет-сервис-провайдеров (поставщиков услуг интернета), они также самые медленные и, обычно, наименее дорогие. Соединение dial-up позволяет пользователям соединяться с Интернетом через местный сервер, используя стандартный модем; компьютер буквально осуществляет набор телефонного номера и по нему соединяется с модемом сервера и, таким образом, со всей сетью Интернет. Dial-up являет собою очень медленное соединение и может номинально передавать данные лишь со скоростью 56 килобит в секунду. Соединения на базе асимметрических цифровых абонентских линий (ADSL) обеспечивают широкополосный доступ в интернет, становятся все более доступны и могут обеспечивать интернет-соединение высокого качества (до 1Мбит в сек./256Кбит в сек). Эти соединения работают посредством разделения функции телефонной линии на отдельные каналы для голосовых телефонных вызовов и для передачи информации. Таким образом, пользователь может разговаривать по телефону и быть соединенным, в то же самое время, с сетью Интернет.

Wi-Fi обеспечивает беспроводной доступ к компьютерным сетям, и, следовательно, к самому Интернету. Точки беспроводного доступа, обеспечивающие такой доступ, включают в себя кафе с Wi-Fi, куда предполагаемый пользователь может принести свои собственные, дающие возможность беспроводного доступа, устройства, такие, как ноутбук или PDA. Эти услуги по доступу могут быть совершенно бесплатными, бесплатными только для клиентов, или платными. Точка беспроводного доступа не обязательно должна быть ограничена каким-либо замкнутым пространством или месторасположением. Такой беспроводной сетью может быть охвачен полностью студенческий городок, или парк, или даже, быть может, включать в себя весь город целиком. Новые беспроводные технологии, такие, как WiMAX, обладают потенциалом по смягчению такого рода проблем, и предоставляют возможность эффективного, с точки зрения простоты и стоимости, развертывания мегаполисных цифровых (компьютерных) сетей покрывающих большие городские пространства.

В настоящее время предпринимаются решительные попытки ООН, чтобы сделать доступ в Интернет неотъемлемым правом человека.

Перспективы развития Всемирной паутины

В настоящее время наметились две тенденции в развитии Всемирной паутины: семантическая паутина и социальная паутина. Семантическая паутина предполагает улучшение связности и релевантности информации во Всемирной паутине через введение новых форматов метаданных.

Семантическая паутина (*англ. Semantic Web*) — часть глобальной концепции развития сети Интернет, целью которой является реализация возможности машинной обработки информации, доступной во Всемирной паутине. Основной акцент концепции делается на работе с метаданными, однозначно характеризующими свойства и содержание ресурсов Всемирной паутины, вместо используемого в настоящее

время текстового анализа документов. В семантической паутине предполагается повсеместное использование, во-первых, универсальных идентификаторов ресурсов (URI), а во-вторых — онтологий и языков описания метаданных.

По оценкам исследовательской компании IDC, в 2008 году объем информации, хранящейся в компьютерных системах всего мира, достигал 5,444 экзабайт. Для сравнения, всего 5 лет назад, в 2003 году, этот показатель был в 6,5 раза меньше – 831 петабайт. Чтобы понять, много это или мало, достаточно сказать, что за всю свою многотысячелетнюю историю человечество накопило в книгах «только» 200 петабайт. Сокращения темпов роста информационных потоков в ближайшее время не предвидится. Поэтому если не найти способ эффективно обрабатывать такое количество данных, человечество ожидает то, что специалисты называют «аналитическим параличом». Поиск и использование нужной информации становятся все более сложными, трудоемкими и неэффективными, несмотря на огромные прикладываемые усилия. Поэтому поиск новых подходов, в том числе и для работы с Интернетом, связующей нитью информационных залежей, является одной из самых актуальных.

Сегодня практически весь поиск в Интернете осуществляется при помощи ключевых слов. Однако этот метод себя полностью исчерпал. Большей релевантности результатов и скорости поиска, чем у нынешних лидеров, достичь практически невозможно. Пользователь получает тысячи, а то и десятки тысяч ссылок, но никогда не доходит дальше 30-й ссылки. А подавляющее большинство ограничиваются просмотром первых 5-7 результатов. И если ответа в них нет, пользователь, как правило, переформулирует запрос. Кроме того, практически невозможно отследить связи искомых слов с другими объектами и явлениями. Нынешний интернет, можно сказать, находится в «фазе Lego», конструктора, в котором части информации механически стыкуются друг с другом.

Будущая версия Интернета видится как эра, в которой машины будут делать интеллектуальную работу. Такой путь подразумевает использование разработок искусственного интеллекта. Если сейчас поисковые машины работают в основном со ссылками и улавливают связь между сайтами, то в будущем пользователь сможет получить анализ конкретной информации, которая содержится на сайтах.

Социальная паутина — специальный онлайновый сервис, который позволяет объединять людей по определенному принципу, предоставляя им удобные инструменты общения. Говоря проще, социальная сеть — это сервис для взаимодействия людей в группе. Существуют социальные сети, предназначенные исключительно для личных знакомств людей между собой. Социальная паутина полагается на работу по упорядочиванию имеющейся в Паутине информации, выполняемую самими пользователями Паутины.

В Интернете существует и *глубокая паутина* (также известна как *невидимая паутина*) — множество веб-страниц Всемирной паутины, неиндексируемых поисковыми системами. В глубокой паутине находятся веб-страницы, не связанные с другими гиперссылками — например, страницы, динамически создаваемые по запросам к базам данных. В глубокой паутине также находятся сайты, доступ к которым открыт только для зарегистрированных пользователей. Исследования показывают, что в глубокой паутине находится в 500 раз больше документов, чем доступно через поисковые системы

Интернет и грид-технологии

XXI век, возможно, станет эпохой массового внедрения грид-технологий. Это очередная компьютерная революция, в результате которой произойдет трансформация привычного для нас сегодня WWW (World Wide Web — Интернета) в WWG (World Wide GRID — Всемирную гридсеть).

Магическая грид-среда, способная виртуализировать процессоры, память и

коммуникации, обещает превратить все компьютерные ресурсы мира в своего рода гигантский мультипроцессор, обладающий практически неограниченными вычислительными возможностями. Информатизация сегодня выходит на четвертый этап своего развития. Первый был связан с появлением больших компьютеров (мейнфреймов), второй — с персональными компьютерами, третий — с появлением Интернета, объединившего пользователей в единое информационное пространство. Первое же десятилетие XXI века, по мнению многих специалистов, знаменуется началом перехода на новые грид-технологии.

Грид (*англ. grid* — решетка, сеть) — согласованная, открытая и стандартизованная компьютерная среда, которая обеспечивает гибкое, безопасное, скоординированное разделение вычислительных ресурсов и ресурсов хранения информации, которые являются частью этой среды, в рамках одной виртуальной организации.

Грид является географически распределенной инфраструктурой, объединяющей множество ресурсов разных типов (процессоры, долговременная и оперативная память, хранилища и базы данных, сети), доступ к которым пользователь может получить из любой точки, независимо от места их расположения.

Основные ресурсные элементы гридсистем — суперкомпьютеры и суперкомпьютерные центры, а важнейшая инфраструктурная составляющая — высокоскоростные сети передачи данных.

Идея грид-компьютинга возникла вместе с распространением персональных компьютеров, развитием Интернета и технологий пакетной передачи данных на основе оптического волокна (SONET, SDH и ATM), а также технологий локальных сетей (Gigabit Ethernet). Полоса пропускания коммуникационных средств стала достаточной, чтобы при необходимости привлечь ресурсы другого компьютера. Учитывая, что множество подключенных к глобальной сети компьютеров большую часть рабочего времени простаивает и располагает ресурсами, большими чем необходимо для решения их повседневных задач, возникает возможность применить их неиспользуемые ресурсы в другом месте.

Термин *Грид компьютинг* появился в начале 1990-х гг. как метафора о такой же легкости доступа к вычислительным ресурсам, как и к электрической сети (по-английски power grid) в сборнике под редакцией Яна Фостера и Карла Кессельмана «The Grid: Blueprint for a new computing infrastructure».

В 1998 году в ИПМ РАН была предложена идея создания мощных распределенных вычислительных комплексов из серийно выпускаемых компьютеров путем использования локальных и глобальных телекоммуникаций. Она оказалась своевременной, поскольку вскоре появилось первое программное средство, позволяющее испробовать этот подход на практике – инструментальный пакет Globus Toolkit v1.0. С начала 1999 г. научный коллектив ИПМ РАН выполнил ряд исследований и пилотных программных проектов в области грид.

Потенциал технологий грид уже сейчас оценивается очень высоко: он имеет стратегический характер, и в близкой перспективе грид должен стать вычислительным инструментарием для развития высоких технологий в различных сферах человеческой деятельности, подобно тому, как подобным инструментарием стали персональный компьютер и интернет. Такие высокие оценки можно объяснить способностью грид на основе безопасного и надежного удаленного доступа к ресурсам глобально распределенной инфраструктуры решить две проблемы:

создания распределенных вычислительных систем сверхвысокой пропускной способности из серийно выпускаемого оборудования (показатели производительности: агрегированная мощность более 1 терафлоп, объем обрабатываемых данных более 1 петабайта в год) при одновременном повышении эффективности (до 100%) имеющегося парка вычислительной техники путем предоставления в грид временно простаивающих ресурсов;

создания широкомасштабных систем мониторинга, управления, комплексного анализа и обслуживания с глобально распределенными источниками данных, спо-

собных поддерживать жизнедеятельность государственных структур, организаций и корпораций.

Изначально грид-технологии предназначались для решения сложных научных, производственных и инженерных задач, которые невозможно решить в разумные сроки на отдельных вычислительных установках. Однако теперь область применения технологий грид не ограничивается только этими типами задач. По мере своего развития грид проникает в промышленность и бизнес, крупные предприятия создают грид для решения собственных производственных задач. Таким образом, грид претендует на роль универсальной инфраструктуры для обработки данных, в которой функционирует множество служб, которые позволяют решать не только конкретные прикладные задачи, но и предлагают сервисные услуги: поиск необходимых ресурсов, сбор информации о состоянии ресурсов, хранение и доставка данных.

Применение грид может дать новое качество решения следующих классов задач:

массовая обработка потоков данных большого объема;

многопараметрический анализ данных;

моделирование на удаленных суперкомпьютерах;

реалистичная визуализация больших наборов данных;

сложные бизнес-приложения с большими объемами вычислений.

Грид-технологии уже активно применяются как государственными организациями управления, обороны, сферы коммунальных услуг, так и частными компаниями, например, финансовыми и энергетическими. Область применения грид сейчас охватывает ядерную физику, защиту окружающей среды, предсказание погоды и моделирование климатических изменений, численное моделирование в машино— и авиастроении, биологическое моделирование, фармацевтику.

К настоящему времени для грид уже создано много программных средств и их количество постоянно растет.

Большое внимание грид-технологиям в последние годы уделяет и руководство Евросоюза, серьезно озабоченного наметившимся отставанием в этой области от США. В 2005 году Еврокомиссия подготовила специальную программу стоимостью 13 млрд евро, в рамках которой грид-компьютингу отводится роль стимулятора и важнейшего ресурса для превращения Евросоюза в «самую конкурентоспособную в мире экономику знаний». С 2000 года ведутся работы по освоению грид-технологий и в Китае. Долгое время информация о том, на какой стадии находится реализация проекта ChinaGrid, была фактически засекречена. Информационная бомба взорвалась в середине июля 2006 года, когда китайские СМИ во всеуслышание объявили о завершении работы над Китайским образовательным грид-проектом (China Educational Grid Project, CEGP).

CEGP объединил компьютерные сети нескольких десятков крупнейших университетов страны и предоставил миллионам китайских студентов прямой доступ к базам данных, онлайновым учебным курсам и сервисным приложениям по самым разным направлениям и дисциплинам. Таким образом, китайцы уже создали материальную и инфраструктурную базу для рывка в образовательной сфере. Им теперь уже не нужно регулярно тратить тысячи долларов на покупку новых компьютеров взамен устаревших — достаточно приобрести всего за сто пятьдесят–двести долларов интернет-коммуникаторы (PIC) и получать далее все необходимые ресурсы из гридсети.

В январе 2006 года в Афинах было официально объявлено о начале выполнения финансируемого Европейской комиссией проекта EUChinaGRID. Главная его цель — объединение европейских и китайских грид-инфраструктур для повышения эффективности совместного использования различных научных приложений, работающих в грид-среде. Наметившийся стратегический альянс ЕС и Китая вполне можно рассматривать как одну из первых попыток создания сильного «грид-противовеса»

претензиям США на мировое лидерство в этой крупномасштабной технологической гонке. В скором времени к этому альянсу может подключиться и Индия, которая также объявила о начале реализации собственной Национальной грид-компьютинговой инициативы GARUDA, предусматривающей объединение в грид-сеть 17 крупнейших научно-исследовательских центров страны.

Особняком в длинном списке грид-проектов стоит проект построения глобальной грид-системы, продвигаемый корпорацией Google. Модель Google — это превращение компьютинга в потребительскую услугу по типу электроснабжения. В определенном смысле Google возвращается к архитектуре большой ЭВМ. В рамках этого проекта все компьютерные устройства (ПК, мобильный телефон, телевизор и т. п.) становятся просто терминалами, которые будут включены в серверный грид Google с услугами приложений. Иными словами, Google сегодня пытается позиционировать себя в качестве универсальной системы доставки приложений на любое устройство в любой точке мира и тем самым стать реальной альтернативой привычного персонального компьютера. Стратегически важное конкурентное преимущество проекта Google — понижение себестоимости обработки бита информации. Для решения этой задачи Google активно продвигается в формировании корневой транспортной системы и подготовке площадей для размещения огромных серверных ферм с прямым выходом к ведущим мировым телекоммуникационным операторам.

Мобильные терминалы и беспроводные технологии

Поскольку девизом нового общества становится — «*контент (голосовой, видео, данные) любому пользователю (как мобильных, так и фиксированных сетей) в любое время, в любом месте и на любой терминал*», то весьма важно оценить возможность получения контента на самый массовый мобильный терминал – сотовый телефон.

На начало 2009 г. более половины людей на планете – 60% – пользуются мобильным телефоном. За последние 6 лет сотовая связь стала наиболее предпочтительной технологией коммуникации – ей пользуются втрое чаще, чем проводными линиями. В России уровень проникновения сотовой связи достиг 134 %.

По данным Международного союза электросвязи (МСЭ), к концу 2008 г. в мире насчитывалось 4,1 млрд мобильных номеров. Для сравнения, в 2002 г. их число едва превышало 1 млрд. Увеличилось число людей, имеющих доступ к Интернету. В 2008 г. Глобальной Сетью пользовались 23% мирового населения по сравнению с 11% в 2002 г. Широкополосным доступом в Интернет с мобильника по состоянию на конец 2008 г. пользовались 3% мирового населения. В развитых странах этот показатель составляет 14%.

К новому четвёртому поколению мобильной связи (4G), характеризующемуся высокой скоростью передачи данных и повышенным качеством голосовой связи, относятся технологии, позволяющие осуществлять передачу данных со скоростью, превышающей 100 мбит/с. Примерами технологий 4G являются Wi-Fi и WiMAX, имеющие теоретический предел скорости передачи в 1 гбит/с. Международный союз телекоммуникаций определяет технологию 4G как технологию беспроводной коммуникации, которая позволяет достичь скорости передачи данных до 1 Гбит/с в условиях движения источника или приемника и до 100 Мбит/с в условиях обмена данными между двумя мобильными устройствами. Пересылка данных в 4G осуществляется по протоколу IPv6 (IP версии 6). Это заметно облегчает работу сетей, особенно если они различных типов.

Типы сетей мобильной связи приведены в табл.3.

Таблица 3

Типы сетей мобильной связи

Поколение	**1G**	**2G**	**2.5G**	**3G**	**3.5G**	**4G**
Начало разработок	1970	1980	1985	1990	<2000	2000
Реализация	1984	1991	1999	2002	2006—2007	2008—2010
Сервисы	аналоговый стандарт	цифровой стандарт, поддержка коротких сообщений (SMS), передача данных со скоростью до 9,6 кбит/с	большая ёмкость, пакетная передача данных	ещё большая ёмкость, скорости до 2 Мбит/с	увеличение скорости сетей третьего поколения	большая ёмкость, IP-ориентированная сеть, поддержка мультимедиа, скорости до сотен мегабит в секунду
Скорость передачи	1,9 кбит/с	14,4 кбит/с	384 кбит/с	2 Мбит/с	3-14 Мбит/с	1 Гбит/с
Стандарты	AMPS, TACS, NMT	TDMA, CDMA, GSM, PDC	GPRS, EDGE, 1xRTT	WCDMA, CDMA2000, UMTS	HSDPA	единый стандарт
Сеть	PSTN	PSTN	PSTN, сеть пакетной передачи данных	сеть пакетной передачи данных	сеть пакетной передачи данных	Интернет

В настоящее время наибольшее распространение, по крайней мере, в сфере бытовой электроники и компьютерного оборудования получили две основные технологии беспроводной передачи данных по радиоканалу — Bluetooth и Wi-Fi (*англ. Wireless Fidelity* — «беспроводная точность»).

Связь *Bluetooth* применяется, прежде всего, для передачи информации между различными портативными устройствами, например, мобильными телефонами и наладонниками, а также для обмена данными между гаджетами и настольным компьютером. Технология Bluetooth обеспечивает скорость передачи информации до 723 кбит/с (спецификация версии 1.2) или до 2,1 Мбит/с (спецификация версии 2.0) в радиусе от 10 до 100 метров.

Беспроводные сети Wi-Fi обладают пропускной способностью до 54 Мбит/с, радиус их действия составляет от 50 до 100 метров. Изначально сети Wi-Fi из-за дороговизны оборудования применялись преимущественно внутри больших корпораций, однако в настоящее время беспроводные точки доступа можно найти в торговых центрах, аэропортах, вокзалах, гостиницах и других оживленных местах во всех крупных городах мира.

Тем не менее, и Bluetooth, и Wi-Fi обладают рядом недостатков (в частности, небольшой радиус действия, относительно высокое энергопотребление), а поэтому, по мнению аналитиков, в скором времени будут вытеснены более эффективными решениями. На смену Bluetooth, например, могут придти беспроводные сети ZigBee (стандарт IEEE 802.15.4), а Wi-Fi постепенно уступит место технологии WiMAX (сокращенно от Worldwide Interoperability for Microwave Access).

WiMAX —телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов).

WiMAX позволяет осуществлять доступ в Интернет на высоких скоростях, с гораздо большей пропускной способностью и покрытием, чем у Wi-Fi сетей. Это позволяет использовать технологию в качестве «магистральных каналов», продолжением которых выступают традиционные DSL— и выделенные линии, а так же локальные сети. В результате подобный подход позволяет создавать масштабируемые высокоскоростные сети масштабов целых городов.

Фиксированный WiMAX позволяет обслуживать только «статичных» абонентов, а мобильный ориентирован на работу с пользователями, передвигающимися со скоростью до 120 км/ч. Мобильность означает наличие функций роуминга и «бесшовного» переключения между базовыми станциями при передвижении абонента (как происходит в сетях сотовой связи).

Обеспечивая коммуникации в радиусе 10 километров и более, точки WiMAX создают покрытие на значительных площадях, предоставляя провайдерам услуг достаточно гибкие условия для обеспечения этой самой пресловутой «связи последней мили».

В целом базовые характеристики стандарта 802.16 предусматривают дальность действия до 50 километров, покрытие с возможностью работы вне прямой зоны видимости, в перспективе – пиковую скорость обмена данными до 70 Мбит/с на сектор одной базовой станции при том, что типовая базовая станция будет иметь до 6 секторов покрытия.

Сравнительная характеристика стандартов беспроводной связи дана в табл.4.

Таблица 4

Сранительная таблица стандартов беспроводной связи

Технология	Стандарт	Использование	Пропускная способность	Радиус действия	Частоты
UWB	802.15.3a	WPAN	110-480 Мбит/с	до 10 метров	7,5 ГГц
Wi-Fi	802.11a	WLAN	до 54 Мбит/с	до 100 метров	5 ГГц
Wi-Fi	802.11b	WLAN	до 11 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
Wi-Fi	802.11g	WLAN	до 54 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
WiMax	802.16d	WMAN	до 75 Мбит/с	6-10 км	1,5-11 ГГц
WiMax	802.16e	Mobile WMAN	до 30 Мбит/с	1-5 км	2-6 ГГц

В настоящее время максимальное внимание внедрению сетей WiMAX уделяется в странах с большими территориями и удаленностью от крупных городов, с большим процентом сельского населения. Даже таким развитым странам как Швеция выгодно внедрять WiMAX в качестве альтернативы проводным магистральным коммуникациям, сетям GSM/EDGE и 3G. Что уж говорить о развивающихся странах вроде Китая, Индии и России, где при любом раскладе приходится начинать с нуля.

Интернету предстоит новая фаза развития, которая будет характеризоваться гигантской инфраструктурой мобильной передачи данных. Сегодня Интернет существует отдельно от многих других коммуникаций. В будущем возникнет новое поколение сетей, включающих беспроводную и проводную телефонию, базы данных, спутники, телевидение (кабельное и трансляционное) и радиокоммуникации. Комбинация всех этих ранее независимых сетей будет представлять единое целое.

Беспроводной Интернет должен стать началом революции. Рынок мобильной связи крайне заинтересован в слиянии с Сетью, и о мобильном Интернет-доступе речь идет уже давно. Это потребует создания различных мультирежимных устройств, которые, будучи подключены к этому гигантскому спруту, смогут также взаимодействовать друг с другом. Основная причина такого сдвига в том, что экономика требует дешевых и повсеместно доступных средств связи; естественно, такая связь должна быть беспроводной.

Все это послужит отправной точкой для формирования компьютинга нового класса. В нем будут задействованы и те средства, которые до сих пор не использовались в компьютинге, например голос и бумага.

Все это похоже на давнюю тему вездесущей инфраструктуры Сети, которая свяжет *e-world* (виртуальный мир — компьютер, телефон, телевизор, камеры) и *p-world* (мир физических реалий — людей, дома, поезда, бумаги и пр.). И все признаки начала осуществления этой задачи налицо уже сейчас. Должны войти в широкое пользование компьютеры, встроенные во многие объекты повседневного обихода. Уже сейчас есть связь Интернета с мобильными телефонами. Разрабатываются технологии для связи двух миров — *e-world* и *p-world*: сканирование штрих-кода, распознавание и электронная идентификация речи. Так что следующее поколение беспроводных телефонов и персональных цифровых ассистентов (PDA) будет поддерживать голосовую коммуникацию. И все, кто не захочет пользоваться новыми устройствами, сами ограничат свои возможности доступа к информации.

3.4. Военное применение информационно-коммуникационных технологий

Наиболее развитые страны мира в ближайшие два–три года получат возможность вести полномасштабные войны в информационной сфере, заявил агентству РИА «Новости» 25 февраля 2009 года замначальника Генерального штаба Вооруженных сил РФ генерал-полковник А.Ноговицын.

«Основными задачами в них (информационных войнах) будут дезорганизация (нарушение) функционирования ключевых военных, промышленных, административных объектов и систем противника, а также информационно-психологическое воздействие на его военно-политическое руководство, войска и население, прежде всего, с использованием современных информационных технологий и средств», — сказал Ноговицин.

По его словам, можно выделить ряд характерных черт информационной войны, которые отличают ее от других форм ведения военных действий, ставят новые проблемы перед ее участниками и заслуживают особого внимания.

Основной из них является незначительные затраты на разработку и применение информационного оружия. «Стоимость разработки высококачественных средств ведения информационной войны относительно невелика и доступна широкому кругу ее участников, повышение роли управления восприятием. Разрабатываемые средства «информационной войны» могут стать совершенно новым мощным инструментом манипуляции восприятием».

Сегодня интеграция информационной технологии и военной силы приняла беспрецедентные масштабы. Компьютерные профессионалы единодушно признают тот факт, что информационная технология играет такую же большую роль в наращивании ядерных сил, как и технология ядерной физики или технология изготовления ракет. Американская военная стратегия, инициированная компьютерщиками, гласит: война должна быть мгновенной, хирургической, с разумной величиной разрушений и скрытой от взгляда общества настолько, насколько это возможно, что приводит к тесной связи обработки информации, создания образов и ведения войны[22].

Впечатляющие прорывы в области информационных и телекоммуникационных технологий, произошедшие за последние два десятилетия, дают возможность реализовать на практике эту стратегию.

«Массированное уничтожение или быстрая демонстрация возможности осуществить его за минимальное время, по-видимому, являются, — пишет М. Кастельс, — общепринятой стратегией ведения войны современного типа в информационную эпоху».

Но важнее всего то, что информационная технология позволяет наносить упреждающий удар. Стратегия «упреждающего удара» предполагает заранее запрограммированный запуск ядерных боеголовок после того, как компьютеры дадут информацию (сигнал), указывающую на возможную со стороны противника атаку. Если такая атака предпринята, то ответная реакция со стороны США должна быть незамедлительной: снаряды должны быть выпущены в максимально короткий срок, исчисляемый минутами и секундами. Вполне возможно не будет даже времени, чтобы получить разрешение президента и конгресса США, как это предусмотрено конституцией США.

Складывается такая ситуация, что инициатива и ход ведения войны могут быть отданы на откуп машинам. Все больше и больше контроль над мировым термоядерным арсеналом возлагается на компьютерные системы с их запрограммированным сценариями, которые определяют как, когда и где этот арсенал может быть использован. А это уже не что иное, как власть машин над нашей коллективной жизнью и смертью.

Вышеупомянутая стратегия включает в себя создание полностью компьютеризированных «систем управления боем», функционирующих в автономном режиме без вмешательства человека. Применение оружия будет полностью предоставлено компетенции машины, чей «искусственный интеллект» будет некой бесчувственной, одномерной карикатурой на военную волю солдата. Мужество, смелость, личный героизм, которые являются имманентными качествами военного призвания, исчезнут. Будут устранены такие остатки жалости и сострадания, самомнения, которые еще остались в душах военных людей. В конце концов, ход военных действий будет определяться сухой и холодной логикой цифр, быстро отработанных посредством таинственных силиконовых элементов машины. Электронные средства массовой информации будут переводить эту логику компьютерной войны на понятный язык занимательных видеоигр, ублажающих шовинистическую психологию населения воюющих сверхдержав. Но правда в том, что эта военная видеоигра с использованием высоких технологий («искусственного интеллекта») может завершиться уничтожением всех форм жизни на планете Земля, в том числе и естественного интеллекта (человеческого разума). Как тут не вспомнить великого и мудрого Винера, который предупредил нас о том, что новая информационная революция может быть использована для уничтожения человечества. «Мы в самом прямом смысле являемся терпящими кораблекрушение пассажирами на обреченной планете, — писал Винер. — Все же даже во время кораблекрушения человеческая порядочность и человеческие ценности не обязательно исчезают, и мы должны создать их как можно больше. Мы пойдем ко дну, однако и в минуту гибели мы должны сохранять «чувство собственного достоинства».

В США успешно раскручиваются стратегические компьютерные инициативы, предполагающие использование «искусственного интеллекта» для создания принципиально новых систем вооружения. По мнению военных экспертов, эти инициативы приведут к безграничному экономическому взлету.

Компьютерная революция не решила на сегодня ни одной из глобальных проблем человечества, в том числе и проблему войны. Более того, в связи с развертывающейся информационной революцией угрозы существованию цивилизации нарастают: усиливается зависимость самого бытия человека в мире от машинных систем управления и контроля. Спрашивается, как можно быть уверенным в завтрашнем

дне, когда ты полностью зависим от «интеллекта» машин? А вдруг машина получит ложный сигнал или произойдет сбой в системе обработки информации?

Компьютерные технологии автоматизируют и ускоряют процессы обработки информации, но одновременно они дегуманизируют все процессы принятия решений – превосходство в одном отношении оборачивается фатальным недостатком в другом. Но самое главное – компьютерные сети – по крайней мере, на сегодня – способствуют жесткому разделению человечества на богатых и бедных, на сильных и слабых. Технически возможными становятся лишение слаборазвитых стран всякой самостоятельности и подавление их воли к идентичности (вплоть до вооруженного вмешательства в их внутренние дела). Новые технологии творят мир «расколотой цивилизации», находящийся в перманентной войне с самим собой. Поскольку Интернет превращается во всеохватывающую инфраструктуру нашего существования, тот, кому удастся завладеть ею и взять под свой контроль доступ к этой инфраструктуре, окажется победителем в существенно важной борьбе за свободу.

3.5. «Большой Брат смотрит на тебя»

В развитом информационном обществе возникает возможность для организации тотальной слежки за всеми и каждого за каждым. Электронные следы, которые повсюду оставляют его граждане, являются такой же привычной частью обитания, как сегодня свет, телефон, телевизор. В этой связи уже по-другому будет трактоваться право на частную жизнь. Нетрудно представить себе недалекое будущее, когда у каждого всегда будет при себе коммуникатор, позволяющий получить из Глобальной сети любую справку, вид любого места на планете, мудрый совет и т.д. Из этого следует необходимость создания самых разнообразных баз данных, а главное – вездесущих датчиков, перманентно снимающих информацию, в том числе и визуальную.

Еще раз обратимся к роману-антиутопии английского писателя Джорджа Оруэлла «1984». Действие происходит в 1984 г. в Лондоне, столице Взлетной полосы номер один, провинции Океании. Океания — государство с жестоким тоталитарным строем. Жители лишены гражданских прав и индивидуальности. Большой Брат — номинальный правитель Океании, по легенде, революционер, приведший к освобождению трудящихся и установлению «английского социализма». Его портрет висел повсюду. Портрет был выполнен так, что, куда бы человек ни стал, глаза его не отпускали. «Большой брат смотрит на тебя» — гласила подпись.

В обществе, описанном Оруэллом, власти следят за каждым шагом каждого человека (при помощи телекамер), и постоянно напоминают им об этом фразой «Большой Брат следит за тобой».

Уинстон Смит, невысокий тщедушный человек тридцати девяти лет собирается начать вести дневник в старинной толстой тетради, недавно купленной в лавке старьевщика. Если дневник обнаружат, Уинстона ждет смерть или двадцать пять лет каторжного лагеря. В его комнате, как в любом жилом или служебном помещении, в стену вмонтирован телеэкран, круглосуточно работающий и на прием, и на передачу. Полиция мыслей подслушивает каждое слово и наблюдает за каждым движением.

Сегодня созданы технологии, позволяющие куда более эффективно контролировать мышление, поведением и местоположение людей, чем это было доступно «Большому брату». Качества и мощь этих средств такова, что можно утверждать: антиутопии не становятся реальностью, реальность оказывается куда круче любых антиутопий.

Дом, в котором жил и работал Джордж Оруэлл, сегодня находится под круглосуточным наблюдением нескольких десятков видеокамер. Кошмар под названием «Большой Брат» воплотился в жизнь спустя 50 лет после смерти великого антиутописта. В радиусе около 180 метров расположены 32 камеры наружного наблюдения.

Несколько камер заглядывают в окна квартир, одна пристально рассматривает посетителей паба Compton Arms, куда любил хаживать писатель, ещё одна находится в продуктовом магазине неподалёку.

На улицах британских городов работают около 4,2 млн. видеокамер, то есть по одной камере на 14 жителей страны. Каждый гражданин после выхода на улицу попадает в поле зрения камер в среднем 300 раз в сутки. Недалек тот день, когда камеры покроют 100% городской территории и будут записывать каждый шаг каждого человека.

За последние десять лет британское правительство потратило на шпионские камеры полмиллиарда фунтов стерлингов (миллиард долларов). Изображение с них поступает на мониторы в полицейском управлении. Офицер может нажатием клавиши зуммировать картинку в десятки раз и сфокусироваться на лице человека, стоящего в сотнях метров от объектива.

Повсеместная установка систем видеонаблюдения началась и в США после терактов 11 сентября 2001 г.

Полиция с нетерпением ждет того дня, когда инженеры, наконец, создадут эффективную технологию распознавания лиц. По их прогнозам, это должно произойти не позже 2016 г. Примерно в то же время должны получить широкое распространение беспилотные самолеты («дроны») с видеокамерами, которые будут патрулировать улицы городов и отслеживать перемещения граждан.

Есть и другие признаки, которые напоминают о Большом Брате. Например, во многих странах полиция начинает создавать глобальные базы данных с образцами ДНК всех граждан: так, в Великобритании уже собраны образцы 3,8 млн. человек. Происходит тотальный забор генетического материала у всех без исключения младенцев, а очень скоро должны быть введены в действие новые биометрические паспорта с отпечатками пальцев, сканом сетчатки глаза и фотографией лица. После этого начнется внедрение ID-радиочипов под кожу, чтобы полиция могла быстро и надежно идентифицировать граждан с помощью обычного ручного сканера.

Благодаря технологиям тайна личной жизни размывается и исчезает. Жизнь людей становится все прозрачнее и для любопытных правоохранительных органов, понемногу обретающих возможность проконтролировать каждого человека практически в любом месте и в любой момент времени.

В ноябре 2002 года мир узнал о новой, чрезвычайно амбициозной инфотехнологической программе Пентагона, получившей название «Тотальная информационная осведомленность» или кратко TIA, от Total Information Awareness. Целью этой программы, запущенной в Агентстве передовых военных исследований (DARPA), виделось создание гигантской компьютерной системы для наблюдения за многими миллионами граждан США и других стран мира — для предотвращения, как объявлено, будущих террористических актов на этапе их подготовки. Под «наблюдением» здесь понимаются постоянные анализ и оценка данных из множества сведенных воедино информационных баз, правительственных и коммерческих, содержащих самые разные сведения о личной жизни граждан по всему миру.

Суть новой технологии не столько в отслеживании уже известных людей, догадывающихся, возможно, что за ними следят, сколько в выявлении «подозрительных» структур в поведении всех людей вообще. Иначе говоря, всякий заказ по кредитной карте, всякая подписка на журнал или газету, всякий выписанный рецепт на медикаменты, всякий веб-сайт, посещаемый в Интернете, всякая электронная почта, входящая или исходящая, всякий взнос в банк или съем денег, всякая запланированная поездка — все эти данные, фиксируемые в каких-то базах данных, становятся предметом пристального интереса спецслужб и объектом обработки для их специального аналитического инструментария.

В качестве эмблемы проекта был выбран древний масонский знак «всевидящего ока» — глаз в вершине пирамиды, пристальным взором осматривающий земной шар. Девиз тоже подобрали подходящий — латинское изречение Scientia Est Potentia (знание — сила), обычно приписываемое Фрэнсису Бэкону.

Правда, летом 2003 года стало понятно, что будущее программы далеко не столь радужно, как виделось ее идеологам. Пытаясь спасти ситуацию, они и название сменили на менее вызывающее — теперь уже не тотальная, а «Информационная осведомленность о терроризме» (Terrorism Information Awareness). Официальная смерть TIA наступила 24 сентября 2003 года. В этот день на совместном заседании обеих палат американского Конгресса большинством голосов было принято решение о полном лишении финансирования в 2004 году как программы TIA, так и ее организующей структуры — Управления информационной осведомленности.

Столь эффектное решение вовсе не означало прекращение разработки комплекса исследовательских проектов, входивших в состав TIA. Просто их раскидали по другим управлениям и агентствам. В результате ситуация стала скорее даже хуже, чем была, поскольку работы государства, сосредоточенные на копании в личной жизни граждан и попавшие под огонь критики, теперь стали практически невидимыми для публики. А значит, и намного меньше доступными для контроля со стороны общества.

Спецслужбы этой страны начали заниматься перехватом данных в Интернете еще в начале 90-х годов. В конце 90-х впервые появилась информация о деятельности системы «Эшелон», задача которой — перехват данных на международном уровне. В 2000 г. американские власти признали существование «Эшелона» как системы глобального мониторинга данных, созданной спецслужбами англо-саксонского альянса (США, Великобритания, Канада, Австралия и Новая Зеландия).

В европейских странах очень щепетильно относятся к тайне личной информации, но если уж решаются ее нарушить, то действуют непреклонно. Сейчас в Западной Европе существует контроль над потоками данных по всем возможным телекоммуникационным системам. В 2005 г. всеми странами Евросоюза были приняты условия, согласно которым всех операторов связи обязали в течение шести месяцев хранить полную информацию обо всех телефонных звонках, сеансах подключения к Интернету, сообщениях электронной почты и т.д. В Ирландии этот срок увеличили до четырех лет, в Италии — до трех. В Великобритании на основании Акта по борьбе с терроризмом, преступностью и безопасности (Anti-Terrorism, Crime and Security Act, принят в декабре 2001 г.) спецслужбы имеют право получать пользовательскую информацию у операторов без решения суда, а только на основании решений Министерства внутренних дел или других высокопоставленных чиновников. Между тем, еще в 2000 году британское правительство в рамках службы MI5 начало формирование так называемого Центра технической поддержки правительства (Government Technical Assistance Center). Его задача — проводить мониторинг всего интернет-трафика внутри страны. Интересный момент: в Великобритании перехват данных легализован не только для государства. В 2001 году был принят закон, разрешающий компаниям прослушивать рабочие телефонные линии и просматривать корпоративные адреса электронной почты своих сотрудников.

15 ноября в Массачусетском технологическом институте, Кембридж, прошел семинар «RFID и приватность» (от Radio Frequency IDentification — технология радиочастотной идентификации), в дискуссиях которого приняли участие ученые-разработчики, представители продвигающих технологию компаний, правозащитники и журналисты. Всего несколькими днями позже, 20-21 ноября, по другую сторону Атлантики, в парижском отеле «Шарль де Голль» состоялся большой международный конгресс ID World 2003. Под общим девизом «Революция идентификации в реальном и цифровом мирах» участники форума обсуждали достижения и перспективы бурно развивающихся ныне технологий RFID, биометрии, смарт-карт, а также в целом сбор информации на основе этих технологий.

Впервые технологию радиочастотной идентификации в задачах отслеживания перемещений и контроля доступа начали применять еще в 1980-е годы. Основу систем RFID составляют устройства-считыватели (ридеры) и «умные метки», т.е. микрочипы с подсоединенной антенной. Когда такая метка приближается к ридеру,

она активизируется и радиоволнами выдает считывателю информацию, хранящуюся в памяти чипа. К концу 1990-х годов технология RFID достигла такой степени миниатюризации, что чипами-ярлыками в принципе можно помечать уже что угодно — от людей и одежды до денежных знаков и насекомых. Например, Европейский центральный банк активно сотрудничает с ведущими европейскими изготовителями микросхем, создающими RFID, намереваясь в ближайшем будущем с помощью этой технологии защитить от подделки единую европейскую валюту, запрессовывая чипы непосредственно в банкноты евро.

Одна из самых многообещающих сфер приложения RFID — это автоматизация материального учета. В 1999 году, в результате совместной договоренности множества крупных компаний, при Массачусетском технологическом институте была сформирована исследовательская группа Auto-ID Center. В качестве главных задач перед этим центром были поставлены разработка и полевые испытания новой разновидности компьютерных сетей, способных при помощи чипов и считывателей RFID отслеживать расположение и перемещение по складам или магазинам огромной массы штучных объектов, таких как бритвы, бутылки или ботинки.

И вот тут в центре внимания оказывается американская фирма Applied Digital Solutions (ADS), кто уже занимается подкожными инъекциями RFID-микросхем не только животным, но и людям. Глава ADS Скот Силвермен тоже выступал на парижском конгрессе ID World, где сообщил, что его фирма уже готовится к запуску в обозримом будущем специального сервиса VeriPay, который позволит людям расплачиваться за товары и услуги с помощью чипа, имплантированного в руку.

Еще в декабре 1999 года эта фирма объявила, что приобрела патентные права на миниатюрный цифровой приёмопередатчик, который назвала «Цифровой Ангел» (Digital Angel).

Пассивный «ангел» (1-3 грамма) поскольку не несет в себе элементов питания, устройства сканирования активирует его и считывают с него информацию на расстоянии от 1 до 30 метров. Себестоимость составляет от 1 до 3 долларов за штуку. Длительность жизни от 3 до 10 лет, могут быть как в виде стандартной капсулы, так и в виде микропленки с антенной по периметру (аналог товарного RFID в магазинах). Активный «ангел» из-за содержания элемента питания весит до 10 грамм. Срок жизнедеятельности батареи составляет от 6 месяцев до 5 лет. Упрощена функция считывания и записи информации на расстоянии от 1 до 900 метров. Может содержать дополнительные сенсоры. Оба варианта работают на низкой (30 KHz — 500 KHz) (850 MHz to 950 MHz) и высоких (2.4 GHz — 2.5 GHz) частотах.

«Цифровой ангел» — это особая микросхема, которая измеряет температуру тела, пульс, кровяное давление и определяет географическое местонахождение человека, связываясь с сетью наземных станций. Вся эта информация будет затем передаваться по Интернету. Устройство прикрепляется «вплотную к телу» и готово для имплантации под кожу человека».

Для мониторинга местоположения и людей и вещей уже используются радиомаяки. В январе 2003 года компания Gillette начала прикреплять подобные маяки к каждой из 500 млн. выпускаемых ею бритв Mach 3 Turbo. Очевидно, что такие бритвы автоматически превращают в радиомаяки как воров, так и своих покупателей. Судя по имеющимся разработкам, в будущем подобные «хвосты» будут использоваться больницами для гарантии соблюдения пациентами и персоналом установленных правил, полицейскими — для удержания посетителей от попыток проникновения в помещения, в которых находятся конфиденциальные материалы клиентов, в детских садах — для контроля за начинающими ходить малышами и во многих других местах.

Три крупнейших американских производителя автомобилей участвуют в программе создании федеральной системы слежения, предусматривающей монтаж во все продаваемые в США машины специальных идентификационных радиомаяков («радиохвостов»). Более того, по сведениям «Группы действия» (мозгового центра

американской автомобильной промышленности), в конгрессе возникали требования, чтобы эти радиомаяки обладали дополнительными функциями и автоматически активизировались, если скорость автомобиля хотя бы на короткой дистанции в 4-5 метров превысит 160 км/час.

Флоридская компания Applied Digital Solutions регулярно привлекает внимание прессы и общественности начиная с начала 2000-х годов, когда впервые стали появляться известия о ее технологии Digital Angel, позволяющей с помощью чипа-импланта дистанционно идентифицировать человека, следить за его географическим местоположением и физическим состоянием.

Для повышения безопасности населения недавно в США был принят закон, предусматривающий, чтобы к 2006 году каждый находящийся в США сотовый телефон при обращении за чрезвычайной помощью (наборе номера 911) автоматически сообщал точное место нахождения. Опираясь на это решение, провайдеры беспроводной связи планируют организовать круглосуточную службу локации владельцев своих телефонов.

В настоящее время в мире уже оборудованы многие тысячи автоматических пунктов слежения, из-за которых люди, — с их согласия или нет, — попадают в поле зрения компьютеризованных наблюдательных систем. По данным подготовленного в январе 2003 года доклада, автором которого является известный исследователь рынка технологий информационной безопасности Дж. П. Фриман, к тому времени в мире уже было установлено 26 миллионов наблюдающих камер, из них более 11 млн. находились в США. Многие, если не большинство действующих в настоящее время сетей наблюдения были установлены государством или большим бизнесом, однако в предстоящие годы на эту тропу станут и малые организации, и даже отдельные индивидуумы.

Наложение тенденций роста быстродействия и емкости памяти компьютеров, а также пропускной способности каналов связи (информационного траффика) позволяет сделать вывод о том, что к 2023 году любая крупная (в том числе частная) организация будет в состоянии создать у себя потенциал, достаточный для видеомониторинга каждого из 330 миллионов жителей США. В результате уже очень скоро наблюдение (мониторинг) может стать тотальным, а неконтролируемое компьютерами пространство просто перестанет существовать.

Вездесущие системы наблюдения становятся реальностью и регулярно наполняют информацией тысячи всевозможных пересекающихся персональных, торговых, медицинских, полицейских, правительственных и прочих баз данных.

3.6. Киберпреступность и кибертерроризм

Мы живем в эпоху информационного общества, когда компьютеры и телекоммуникационные системы используются во всех сферах жизнедеятельности человека и государства — от решения проблем национальной безопасности, здравоохранения и управления транспортом до торговли, финансов, и даже просто межличностного общения.

Человек всегда был уязвим, но недавно мы узнали, что беззащитны вдвойне — не только в реальной жизни, но и в мире, о котором три десятка лет назад не знали ничего — виртуальном мире, киберпространстве, в мире, моделируемом с помощью компьютеров. Человек поставил себе на службу телекоммуникации и глобальные компьютерные сети, но при этом не предвидел, какие возможности для злоупотребления создают эти технологии.

Сегодня жертвами преступников, орудующих в виртуальном пространстве, могут стать не только отдельные люди, но и целые государства. При этом безопасность тысяч пользователей может оказаться в зависимости от нескольких преступников. Количество преступлений, совершаемых в киберпространстве, растет пропорционально числу пользователей компьютерных сетей, и, по оценкам Интерпола, темпы

роста преступности, например, в глобальной сети Интернет, являются самыми быстрыми на планете.

Виртуальный мир во многом отражает мир реальный: преступность, являющаяся, к сожалению, неотъемлемой частью социума, существует и в виртуальном мире. Растущий обмен информационными данными в Интернете и электронные платежи – это именно тот лакомый кусок, который более всего привлекает злоумышленников[98].

Важнейшей критерием оценки любого бизнеса является прибыльность, и киберпреступность здесь не исключение. Киберпреступность невероятно прибыльна! Огромные суммы денег оказываются в карманах преступников в результате отдельных крупных афер, не говоря уже о небольших суммах, которые идут просто потоком.

Экономические последствия преступлений в киберпространстве с трудом поддаются исчислению, поскольку фиксируемые правонарушения составляют лишь верхушку айсберга. Ряд исследований, проведенных в Европе и США, показывают, что в полицию обращается лишь треть пострадавших. По имеющимся оценкам, одни только махинации с кредитными карточками обходятся в сотни миллионов долларов ежегодно; вирусы за тот же период наносят ущерб на 12 миллиардов.

Только в 2007 году практически каждый месяц совершалось одно серьезное преступление с использованием современной вычислительной и электронной техники. Ниже, в качестве иллюстрации сказанного, приведена лишь небольшая их часть.

Январь 2007. Российские хакеры с помощью своих шведских «коллег» украли 800 000 ЕВРО из шведского банка Nordea

Февраль 2007. Бразильская полиция арестовала 41 хакера за использование троянской программы для кражи банковской информации, которая позволила им заработать 4,74 миллиона долларов.

Февраль 2007. В Турции арестованы 17 членов банды интернет-мошенников, которым удалось украсть почти 500 000 долларов.

Август 2007. Украинец Максим Ястремский, известный также как Maksik, задержан в Турции за кибермошенничество с использованием электронных систем и незаконное присвоение десятков миллионов долларов.

Ноябрь 2007. ФБР арестовало восемь человек в ходе второй части операции Operation Bot Roast по борьбе с ботсетями. По результатам операции была названа сумма экономического ущерба, составившая более 20 млн долларов и выявлено более миллиона компьютеров-жертв.

В реальном мире психологический аспект преступления предполагает наличие некоторых средств сдерживания. В виртуальном мире преступники не могут видеть своих жертв, будь то отдельные люди или целые организации, которые они выбрали для атаки. Грабить тех, кого ты не видишь, до кого не можешь дотянуться рукой, гораздо легче.

Масса новых сервисов, доступных через Интернет и миллионы желающих этими сервисами пользоваться способствуют успеху киберпреступности. Заметим, что преступнику нужно меньше минуты для того, чтобы совершить операцию по отмыванию денег, а полиции – полтора года, чтобы расследовать это преступление.

Области, наиболее уязвимые для кибератак

Интернет-деньги и интернет-банкинг. Банки, которые все более активно проводят онлайн финансовые операции и электронная торговля немало способствуют усилению проблемы «скорость и удобство – безопасность».

Удаленные хранилища данных и приложений. Информацию и приложения все чаще размещают на удаленных внешних серверах, что позволяет преступникам взламывать трафик и получать доступ к финансовой, конфиденциальной и личной информации.

Онлайн-игры. Преступления в этой области – это кража паролей и виртуальной собственности для последующей их продажи и получения хорошей прибыли.

Онлайн биржевые агентства. Удобный и быстрый способ реагировать на колебания рынка ценных бумаг. Он является весьма привлекательной целью для преступников, потому что любая биржевая информация всегда пользуется повышенным спросом.

Web 2.0. Социальные сети, блоги, форумы, wiki-ресурсы, MySpace, YouTube, Twitter – все эти легкие в загрузке и публикации технологии обмена информацией делают его участников уязвимыми для заражений вредоносными программами.

Современные киберпреступники выбрали своим оружием троянские программы, с помощью которых они строят ботнеты для кражи паролей и конфиденциальной информации, проводят DoS атаки и шифруют данные, чтобы затем шантажировать своих жертв. Характерной и опасной чертой сегодняшних вредоносных программ является то, что они стремятся сохранить свое присутствие на инфицированной машине.

Ботнет – это сеть компьютеров, зараженных вредоносной программой поведения Backdoor. Backdoor'ы позволяют киберпреступникам удаленно управлять зараженными машинами (каждой в отдельности, частью компьютеров, входящих в сеть, или всей сетью целиком) без ведома пользователя. Такие программы называются *ботами*.

Ботнеты обладают мощными вычислительными ресурсами, являются грозным кибероружием и хорошим способом зарабатывания денег для злоумышленников. При этом зараженными машинами, входящими в сеть, хозяин ботнета может управлять откуда угодно: из другого города, страны или даже с другого континента, а организация Интернета позволяет делать это анонимно.

Управление компьютером, который заражен ботом, может быть прямым и опосредованным. В случае прямого управления злоумышленник может установить связь с инфицированным компьютером и управлять им, используя встроенные в тело программы-бота команды. В случае опосредованного управления бот сам соединяется с центром управления или другими машинами в сети, посылает запрос и выполняет полученную команду.

В любом случае хозяин зараженной машины, как правило, даже не подозревает о том, что она используется злоумышленниками. Именно поэтому зараженные вредоносной программой-ботом компьютеры, находящиеся под тайным контролем киберпреступников, называют еще зомби-компьютерами, а сеть, в которую они входят, – зомби-сетью. Чаще всего зомби-машинами становятся персональные компьютеры домашних пользователей.

На сегодняшний день ботнеты являются одним из основных источников нелегального заработка в Интернете и грозным оружием в руках злоумышленников. Ожидать, что киберпреступники откажутся от столь эффективного инструмента, не приходится и эксперты по безопасности с тревогой смотрят в будущее, ожидая дальнейшего развития ботнет-технологий.

Опасность ботнетов усугубляется тем, что их создание и использование становится все более простой задачей, с которой в ближайшем будущем будут в состоянии справиться даже школьники. А цены на развитом и структурированном ботнет-рынке весьма умеренные.

В построении интернациональных ботнетов могут быть заинтересованы не только киберпреступники, но и государства, готовые использовать зомби-сети как инструмент политического давления. Кроме того, возможность анонимно управлять зараженными машинами вне зависимости от их географического нахождения позволяет провоцировать конфликты между государствами: достаточно организовать кибератаку на серверы одной страны с компьютеров другой.

С 1 июля 2004 года вступила в силу *Конвенция Совета Европы о киберпреступности*. К концу 2005 г. ее подписали 38 стран-членов Совета Европы, а также США, Канада, Япония и ЮАР. Данная конвенция — первый документ, регулирующий использование Интернета, в котором также описывается классификация киберпресту-

плений. В их перечень входят несанкционированный доступ в ИТ-среду, нелегальный перехват ИТ-ресурсов, вмешательство в компьютерную систему и информацию, содержащуюся на носителях данных и т. д. Конвенция направлена на создание единой политики по защите общества от киберпреступности и на стимулирование международного сотрудничества в данной области. В частности, государства будут применять уголовное наказание за некоторые правонарушения в использовании Интернета, например за нелегальный доступ, фальсификацию данных, распространение вирусов и посягательства на интеллектуальную собственность.

Также в документе описаны проблемы взаимодействия правоохранительных органов в случаях, когда киберпреступник и его жертва находятся в разных странах и подчиняются разным законам. В конвенции освещаются вопросы хранения личной информации клиентов интернет-провайдеров на случай, если она потребуется при расследовании киберпреступлений.

Одержать победу над киберпреступностью с помощью первого в истории договора, посвященного этим задачам, будет непросто. Эта та область, где интересы многих расходятся и даже вступают в конфликт: с одной стороны, речь идет о праве отдельных лиц на свободу выражения мнения и на частную жизнь, с другой – о праве государства бороться с преступностью, о необходимости для общества иметь надежные коммуникационные сети и об интересах большого бизнеса.

Россия не будет подписывать Конвенцию Совета Европы о киберпреступности. Россия оставляла за собой право определиться с участием в Конвенции при условии возможного пересмотра положений пункта «b» ст. 32, которые «могут причинить ущерб суверенитету и безопасности государств-участников конвенции и правам их граждан». В этом пункте говорится, что «сторона может без согласия другой стороны получать через компьютерную систему на своей территории доступ к хранящимся на территории другой стороны компьютерным данным или получить их, если эта сторона имеет законное и добровольное согласие лица, которое имеет законные полномочия раскрывать эти данные этой стороне через такую компьютерную систему».

Кибертерроризм

Сегодня приходится констатировать, что высокотехнологичное общество достигло одновременно с комфортом и высшей степени уязвимости. Вот и прорыв в области информационных технологий, открывший человечеству дорогу в виртуальное пространство, породил так называемый кибертерроризм.

У термина «кибертерроризм» нет универсального определения. Некоторые определения понятия «кибертерроризм» основаны на намерении атакующего. Так, Федеральное агентство по чрезвычайным ситуациям определяет кибертерроризм как «Противоправная атака или угроза атаки против компьютеров, сетей и информации, хранящейся внутри них, осуществленная с целью запугивания или принуждения правительства или населения для продвижения политических или социальных стремлений».

Другие специалисты утверждают, что любое спланированное использование информационных технологий террористическими группами и их агентами может вызвать вред, достаточный для квалификации этого использования как кибертерроризма. Некоторые эксперты определяют кибертерроризм, основываясь на последствиях атак, называя кибертерроризмом те нападения на компьютеры, в результате которых причинен вред, достаточный для того, чтобы его можно было сопоставить с традиционным актом терроризма, даже если кибератака была инициирована без политических мотивов. Согласно этой точке зрения, даже если компьютерная атака ограничена в масштабе, но привела к смерти, ранениям, авариям на системах жизнеобеспечения, авиакатастрофам, загрязнению воды, большой утрате секретной информации субъектов экономических отношений, это нападение может рассматриваться как террористическое[90,98].

Киберугрозы или кибервторжения – это несанкционированные попытки проникновения в компьютеры, управляемые компьютерами системы или сети. У таких несанкционированных действий могут быть любые цели от простого проникновения в систему и ее изучения ради риска, острого ощущения или интереса до входа в систему ради мести, кражи информации, внесения замешательства, вымогательства или кражи денег, а также намеренного локализованного повреждения компьютеров или нанесения ущерба значительно большим инфраструктурам, например, системам водоснабжения или энергоснабжения.

Кибертерроризм – это один из многих видов киберугроз, которые вызывают всеобщую озабоченность. В число его целей могут входить политическая или экономическая дестабилизация, саботаж, кража военных или гражданских активов и ресурсов в политических целях. Террористы уже давно пользуются компьютерами и Интернетом для ведения террористической деятельности. Сюда входят связь друг с другом, планирование, изыскание денег, сбор разведывательной информации, вербовка и распространение информационно-пропагандистских материалов. Особую угрозу представляют попытки использовать компьютеры для нарушения жизненно важных инфраструктур.

Возможность кибертерроризма представляет собой целый ряд важных вызовов.

Во-первых, в силу их внутреннего характера компьютерные атаки практически невозможно прогнозировать или проследить в реальном времени. Поэтому атака может начаться в любое время, в стране или за рубежом потребуются значительные ресурсы, чтобы с высокой степенью достоверности определить, кто несет за это ответственность.

Во-вторых, из-за сложности несравнимых законов, действующих во всем мире, сбор доказательств в таких обстоятельствах, когда могли быть использованы Интернет или другие электронные средства, а также преследование по закону, поиск, захват и выдача отдельных лиц представляются проблематичными. Изменение противоречащих друг другу законов, происходящее в настоящее время во многих странах, может оказаться требующим напряжения сил и длительным усилием.

Уже через шесть недель после террористических атак на Нью-Йорк и Вашингтон Конгрессом США был принят новый антитеррористический закон США, известный как «Акт 2001 года». Этим законом Конгресс ввел новое законодательное понятие «кибертерроризм» и отнес к нему различные квалифицированные формы хакерства и нанесения ущерба защищенным компьютерным сетям граждан, юридических лиц и государственных ведомств, включая ущерб, причиненный компьютерной системе, используемой государственным учреждением при организации национальной обороны или обеспечении национальной безопасности.

Новый пакистанский закон «О предотвращении электронных преступлений» (ноябрь 2008 г.) применим ко всякому, кто совершит при помощи вычислительной техники преступление, имеющее негативные последствия для национальной безопасности. Если же акт компьютерного терроризма повлечет за собой смерть человека, лица, совершившие его, будут приговорены к смерти или пожизненному лишению свободы. Ответственность распространяется как на граждан Пакистана, так и на иностранцев. Власти Пакистана определили кибертерроризм как получение доступа к вычислительной системе лицом, планирующим осуществление террористического акта. Сам теракт может означать кражу или попытку похищения информации, позволяющей производить оружие массового поражения. Помимо этого, существует еще несколько законных определений террористического акта. Новый закон также предусматривает ответственность за другие компьютерные преступления: кибермошенничество, незаконный доступ к вычислительной системе, ее повреждение и т. д. За эти противозаконные действия предусмотрено наказание в виде лишения свободы сроком от трех до десяти лет.

НАТО относится к кибервойне столь же серьезно, как к опасности ракетного удара, утверждает высокопоставленный представитель альянса. На конференции в

Лондоне (март 2008 г.) было заявлено, что сетевой шпионаж и интернет-терроризм представляют сегодня одну из самых страшных угроз международной безопасности.

Сулейман Анил, возглавляющий в НАТО центр реагирования на компьютерные атаки, сказал, что стоимость кибератак на правительственные коммуникации снижается, а размер причиняемого ущерба растет. Среди основных угроз – кибертерроризм, когда производятся попытки вывести из строя интернет-сети правительственных коммуникаций или атаковать сайты официальных учреждений. Анил предупредил, что некоторые страны-изгои могут спонсировать кибератаки на членов НАТО. «Есть страны, которые не только работают над наращиванием оборонной мощи, но и обладают наступательной мощью – и это придает проблеме новое измерение», – сказал он.

Перспектива интернет-войны вышла на первый план после серии громких международных кибератак. В 2007 году выяснилось, что банда хакеров – предположительно из Китая – внедрилась в компьютерные системы Пентагона и осуществила атаки на правительственные сети Великобритании, Германии, Индии и Австралии. Американские официальные лица, окрестившие группу «Титановый дождь», обвинили ее в том, что она действует под покровительством пекинских властей.

Глава Антитеррористического центра (АТЦ) СНГ Б.Мыльников считает самыми опасными видами терроризма ядерный и кибертерроризм. «Возможность использования кибертерроризма в ядерном преломлении в наше время не так уж фантастична, а последствия могут иметь катастрофический характер, о чем свидетельствуют имевшие место факты чрезвычайных происшествий, связанных с применением компьютерных технологий в атомной энергетике и промышленности», — сказал Мыльников журналистам в Армении, где в сентябре 2006 г. проходила завершающая фаза учений «Атом Антитеррор-2006». Он напомнил о внедрении злоумышленниками в компьютер Игналинской АЭС в Литве электронного вируса «Троянский конь», в результате чего могла произойти авария, подобная чернобыльской.

Б. Мыльников также рассказал, что в мае 1998 года хакер из США вошел в компьютерную сеть ядерного исследовательского центра Bhabha Atomic research center, занимавшегося разработкой атомного оружия. Кроме того, в апреле 2001 года национальная ядерная лаборатория в Альбукерке (США) подверглась атаке хакеров. Этот случай расследовали сотрудники ЦРУ, по завершении расследования они представили спецдоклад президенту США.

По наблюдениям должностных лиц Министерства обороны США, количество попыток вторжения в военные компьютерные сети пусть и небольшими темпами, но растет: от 40076 инцидентов в 2001 году до 43086 в 2002, 54488 в 2003 и 24745 к июню 2004 года. Последствия этих атак для компьютерных сетей Министерства обороны, однако, не оглашаются.

Важная область, которая мало изучена, касается непредсказуемости во взаимодействии компьютерных систем, задействованных в разных критических инфраструктурах. Дело в том, что некоторая взаимозависимость (когда поток данных одной инфраструктуры может зависеть от качества данных, проходящих через компьютеры другой) может создать ситуацию, при которой ущерб будет причинен каскадом и невозможно будет предсказать его эффект для национальной безопасности. К примеру, в ситуации, когда в августе 2003 года червь *«Blaster»* на несколько дней нарушил работу компьютеров в сети Интернет, 14 августа полностью прекратилась работа отвечающих за энергетику компьютерных систем восточных штатов США. Это произошло из-за того, что были повреждены несколько коммуникационных линий, соединяющих центры передачи данных, используемые коммунальными компаниями для рассылки сигналов в единой энергосистеме.

1 мая 2000 года в Азии в Интернет был запущен компьютерный вирус «I lave you», который с невероятной скоростью распространился по планете, нарушив работу правительственных учреждений, парламентов и корпораций многих стран (в том числе в

Пентагоне и британском парламенте). За первые 5 дней он нанес ущерб в 6,7 миллиарда долларов. Спецслужбы США и Филиппин вычислили автора вируса — участника одной из террористических группировок.

В августе 2003 года Интернет – червь «*Slammer*» на пять часов нарушил компьютерную систему контроля на заводе по производству атомной энергии в Огайо (к счастью, когда случилась атака, завод был в офф-лайне). Червь успешно прошел в систему контроля завода, поскольку корпоративная сеть была присоединена к сети Интернет и не контролировалась системами защиты, стоящими в системах контроля производства.

Бреши в программном обеспечении и конфигурации компьютерных систем обеспечивают «входные двери» для кибератак. В основном такие уязвимости существуют как результат недостаточного обеспечения безопасности или низкого качества программного обеспечения. Недостаточные ресурсы на кадровое обеспечение компьютерной безопасности могут также способствовать низкому уровню защиты. С ростом сложности программного обеспечения уязвимостей становится все больше и работа по поддержанию системы становится бесконечной.

Шведский эксперт Магнут Ранстorп, директор «Центра изучения терроризма и политического насилия» при университете шотландского города Сент-Андрус, один из крупнейших мировых экспертов по исламскому терроризму и главный консультант телекомпании CNN по бен Ладену после 11 сентября, в своем анализе под названием «Аль-Кайеда» в киберпространстве: вызовы терроризма в эпоху информации» пишет, что террористы используют Интернет по той причине, что он предоставляет максимальные организационные и наступательные возможности. Киберпространство позволяет проводить теоретическое, военное, теологическое обучение и пропаганду, а также рекрутировать и обеспечивать связь между отдельными ячейками.

Помимо одноразовых спутниковых телефонов и неопределимых сотовых карточек, например швейцарских, «Аль-Кайеда», например, использует электронную почту популярных порталов, таких как Hotmail и Yahoo, для обмена сообщениями, которые невозможно перехватить. Террористы используют архив «шаблонов» пользователя, который передал свои имя и пароль организации. Члены группы, таким образом, могут общаться, в реальности не обмениваясь электронными сообщениями. Они пользуются электронной почтой, открытой друзьями или родственниками, которые неизвестны спецслужбам. Интернет-кафе, всегда разные, являются их идеальными базами.

Важность, которую Интернет имеет для бен Ладена, демонстрирует создание в его университете факультета электроники, своеобразной школы хакеров, а также учреждение в Пакистане киберуниверситета по системам SCADA, при помощи которых через Интернет управляются водораспределительные сети, плотины, газопроводы, нефтепроводы, атомные станции.

Кибернетическое пространство стало частью экономики многих стран. Число коммерческих сделок, заключаемых посредством сети Интернет в последние годы стремительно возросло. Практически каждая отрасль в хозяйстве развитых стран, включая энергетику, транспорт и связь, банковский сектор, использует компьютерные сети и, соответственно, зависит от их работоспособности. Нарушив работу этих сетей, можно парализовать страну.

Арсенал компьютерных террористов весьма велик: это и различные вирусы, и так называемые логические бомбы – команды, встроенные заранее в программу и срабатывающие в нужный момент, и даже «троянские кони», которые выполняют определенные запрограммированные действия.

Принимая во внимание оценки реальной угрозы кибертерроризма, сегодня можно выделить несколько возможных сценариев развития событий, в частности, наиболее вероятные типы атак на компьютерные системы:

различные виды атак, позволяющие проникнуть в атакуемую сеть или перехватить управление сетью;

компьютерные вирусы, в том числе – сетевые (черви), модифицирующие и уничтожающие информацию или блокирующие работу вычислительных систем;

логические бомбы – наборы команд, внедряемые в программу и срабатывающие при определенных условиях, например, по истечении определенного отрезка времени;

«троянские программы», позволяющие выполнять определенные действия без ведома хозяина (пользователя) зараженной системы (в настоящее время получила распространение разновидность «троянцев», которые отсылают своему «заказчику» через Интернет различную информацию с зараженного компьютера, включая пароли зарегистрированных пользователей);

средства подавления информационного обмена в сетях и организации DDoS атак (отказ в обслуживании).

DDoS — быстро набирающая популярность разновидность хакерских атак. Словосочетание, имеющее аббревиатуру DDoS, на русский переводится как «распределенный отказ обслуживания». Цель атаки не в том, чтобы проникнуть в систему, а в том, чтобы парализовать ее работу. Десятки тысяч компьютеров вдруг начинают одновременно посылать на определенный сервер бессмысленные пакеты данных. Сервер пытается их обработать, но не справляется. В результате посетители не могут получить доступа к ресурсу.

Глава 4.
Биотехнологии

4.1. Основные понятия биотехнологии

Стремительный прогресс разных составных частей физико-химической биологии привел к появлению нового направления в науке и производстве, получившего наименование **биотехнологии.**

Основу этого направления составляет познание природы живого и использование в практике знаний о процессах и материальных структурах живых организмов. Знания о процессах жизнедеятельности позволяют не только приспосабливать эти процессы для практических целей, но и управлять ими, а также создавать весьма перспективные в практическом отношении новые системы, не существующие в природе, хотя и аналогичные существующим[9,16,25,77,86,123,124].

Биотехнология в целом представляет собой систему приёмов направленного использования процессов жизнедеятельности живых организмов для получения промышленным способом ценных продуктов.

Биотехнология — в широком смысле — пограничная между биологией и техникой научная дисциплина и сфера практики, изучающая пути и методы изменения окружающей человека природной среды в соответствии с его потребностями.

Биотехнология — в узком смысле — совокупность методов и приемов получения полезных для человека продуктов и явлений с помощью биологических агентов. Чаще всего применяется в *медицине, пищевой промышленности*, также для решения проблем в области *энергетики, охране окружающей среды*, и в научных исследованиях.

В состав биотехнологии входят генная, клеточная и экологическая инженерии.

В последние десятилетия биология бурно развивается и создаёт новые научные направления. Новое комплексное направление — физико-химическая биология, включающая в себя *биохимию, биофизику, молекулярные биологию и генетику, биоорганическую химию* и некоторые другие дисциплины, — не только помогает решать зада-

чи, которые давно ставила перед биологией производственно-техническая практика, но и намечает пути принципиально нового биологического производства.

В производственном отношении основой биотехнологии в процессе её формирования стала микробиологическая промышленность. За послевоенные годы микробиологическая промышленность приобрела принципиально новые черты: микроорганизмы стали использовать не только как средство повышения интенсивности биохимических процессов, но и как миниатюрные синтетические фабрики, способные синтезировать внутри своих клеток ценнейшие и сложнейшие химические соединения. Перелом был связан с открытием и началом производства *антибиотиков*.

Первый антибиотик — *пенициллин* — был выделен в 1940 году. Вслед за пенициллином были открыты и другие антибиотики (эта работа продолжается и поныне). С открытием антибиотиков сразу же появились новые задачи: налаживание производства лекарственных веществ, продуцируемых микроорганизмами, работа над удешевлением и повышением уровня доступности новых лекарств, получением их в очень больших количествах, необходимых медицине.

Развитие и становление современной, основанной на знаниях о строении и функциях ДНК, биотехнологии приходится на вторую половину XX века. Биотехнология работает с биомолекулами (ДНК, белки и т. д.), микроорганизмами (бактериями, микроскопическими грибами, дрожжами, спорами, вирусами и т. д.), клетками и тканями растений и животных.

Многие биотехнологические производства человечество освоило задолго до того, как были открыты не только основные законы биологии, но и существование самих микроорганизмов. К ним относятся, например, производство хлеба, вина, пива, уксуса, кефира, сыра и т. п.

В пищевой, фармацевтической, химической, нефтяной промышленности микробы производят многие продукты, пищевые добавки и комбикорма, синтезируют и очищают сложные химические вещества, контролируют состав растворов.

В экологии микроскопические работники очищают сточные воды, разлагают отходы и мусор, поглощают вредные вещества.

В энергетике бактерии вырабатывают горючие газы и ликвидируют последствия нефтяных загрязнений, а полученный с помощью дрожжей или микробных ферментов спирт добавляют в бензин. Микробы занимаются фотосинтезом, восстанавливают топливные ячейки, а недавно ученые сделали из бактерии «живую» нанобатарейку.

В сельском хозяйстве используются трансгенные (генетически измененные) растения и животные, биологические средства защиты растений, бактериальные удобрения, фитогормоны, стимулирующие рост растений. Не за горами использование в животноводстве клонированных и даже генетически модифицированных животных.

В электронике биологические объекты уже служат деталями микросхем и датчиков, а в будущем возможно создание полностью живых компьютеров. Изучение молекулярной природы нейронов сделало возможным соединение живых нервов с микрочипами, а удивительное вещество бактериородопсин управляет лучами света.

В машиностроении биомолекулы и микроорганизмы уже сегодня составляют основу примитивных наномашин, синтезирующих по заданной программе сложные полимеры и свои копии. Живые мышцы приводят в движение микророботов, а молекулы ДНК собирают наночастицы в трехмерные структуры.

В основе биотехнологии лежат процессы, протекающие в клетке. Известно, что первыми живыми обитателями Земли были так называемые прокариотные клетки, которые и сформировали ту среду, в которой появились все другие организмы.

Около двух с половиной миллиардов лет они были единственными живыми существами на планете и только 1 млрд лет назад, когда произошла «неопротерозойская революция», на Земле появились и стали распространяться эукариоты.

Наследственная информация всех известных науке существ записана в молекулах ДНК, входящих в состав хромосом. Принято делить организмы на две группы по наличию у них ядра, отделяющего хромосомы от цитоплазмы клетки.

Прокариоты (от лат. «pro» – до + греч. «karyon» – ядро) – это безъядерные организмы, к которым относятся бактерии и цианобактерии (синезеленые водоросли). В отличие от них, эукариоты (от греч. «eu» – полностью + «karyon» – ядро) имеют четко оформленное ядро с оболочкой, отделяющей его от цитоплазмы. К ним относятся грибы, растения и животные.

Типичный прокариот включает следующие основные подсистемы (рис. 8):

— геном (инструкция по сборке РНК и белков);
— механизм репликации ДНК (производство ее новых копий);
— рибосомы (синтез белка);
— цитозоль (управление обменом веществ);
— мембрана (взаимодействие с внешней средой и синтез АТФ).

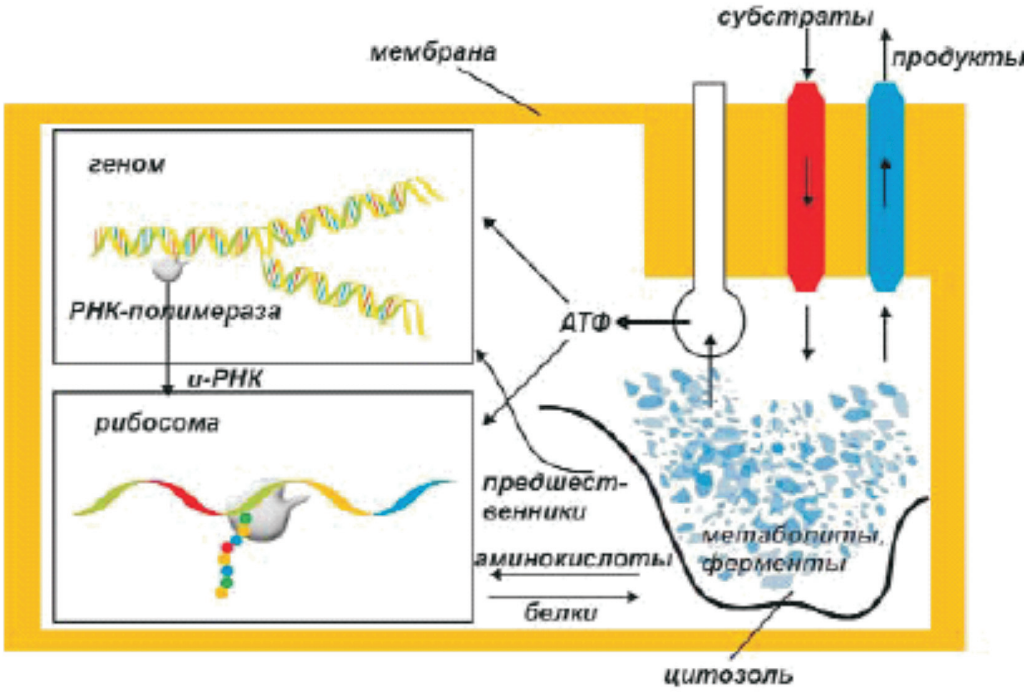


Рис. 8. Основные подсистемы прокариотной клетки

Аденозинфосфорные кислоты – нуклеотиды, содержащие аденозин (аденин + углевод рибоза) и один, два или три остатка фосфорной кислоты (соответственно, аденозинмонофосфат – АМФ, аденозиндифосфат – АДФ и аденозинтрифосфат – АТФ). Они есть во всех организмах (от микроба и растения до человека) и играют важнейшую роль в обмене веществ и энергий, т. к. присоединение к ним фосфатных групп сопровождается аккумуляцией энергии, а отщепление – выделением энергии, используемой для различных процессов жизнедеятельности. АТФ – универсальный аккумулятор и переносчик энергии во всех живых организмах.

Мембрана содержит механизмы переноса веществ: субстратов – внутрь клетки, а продуктов ее жизнедеятельности – наружу. Поступающие из внешней среды субстраты (химические соединения органического и неорганического происхождения) в результате электрохимических преобразований расходуются на синтез необходимых клетке соединений, в т. ч. АТФ – универсального переносчика энергии. У фотосинтезирующих организмов мембраны обеспечивают накопление разницы

электрических потенциалов, возникающих под действием света при участии молекул хлорофилла.

Одна из главных подсистем клетки – цитозоль – представляет собой внутреннюю полужидкую среду клетки. Это своеобразный «котел» всех метаболических превращений. Механизмы обмена веществ в клетке направлены на ее рост и развитие. Для этого необходимы энергия и строительные блоки (аминокислоты) для производства белков. И то, и другое получается в результате переработки поступающих извне веществ. Энергия образуется в результате расщепления сложных веществ – катаболизма, а строительные блоки – в результате синтеза, анаболизма. Катаболизм и анаболизм представляют собой две основные части метаболизма – обмена веществ.

В отличие от эукариотных клеток, имеющих большое число незамкнутых хромосом, клетки прокариот содержат всего одну кольцевую хромосому.

Прокариоты размножаются бесполым путем, посредством деления клеток после репликации ДНК. Репликация представляет собой процесс, когда ДНК дочерних клеток получаются из одной нити материнской и одной нити вновь синтезированной ДНК.

Для нормального развития и функционирования клетки ей необходимо поддерживать постоянный обмен веществ с внешней средой, получая из среды различные субстраты и выводя в нее некоторые продукты жизнедеятельности. В качестве субстратов используются, в основном, различные углеродсодержащие соединения – глюкоза, крахмал, спирты и органические кислоты, углекислота, метан, парафины и т.д., широко распространенные в природе.

А вот в качестве продуктов, как оказалось, микроорганизмы способны синтезировать многие чрезвычайно полезные вещества – различные белки, ферменты, аминокислоты, витамины, гормоны, антибиотики и прочие биологически активные соединения. Другими словами, бактерии являются настоящими молекулярными фабриками по производству необходимых человеку веществ.

Эти свойства микробов легли в основу множества биотехнологических производств, начало которым положило широкомасштабное производство антибиотика пенициллина в 40-х годах XX столетия.

4.2. Общая схема биотехнологического производства

Центральное звено любого биотехнологического процесса – штамм, то есть совокупность микроорганизмов одного вида, обладающих специфическими физиолого-биохимическими признаками[83].

Биотехнологическое производство может быть направлено либо на получение максимально возможного количества биомассы (например, производство хлебопекарных дрожжей), либо на достижение максимума выхода продуктов жизнедеятельности клеток. В естественных условиях обмен веществ в клетках осуществляется по принципам строжайшей экономии, что обеспечивается сложной системой его регуляции. Поэтому задача промышленных микробиологов состоит в создании мутантных форм микроорганизмов – сверхпродуцентов соответствующих веществ.

Биотехнологи добиваются сверхсинтеза необходимого продукта метаболизма, что достигается как путем изменения генетической программы организма, так и посредством нарушения его регуляторных систем.

Для выделения из природных популяций сверхпродуктивных штаммов используются разнообразные методы.

Селекция – это искусственный отбор организмов с лучшими в своем поколении показателями. Главный недостаток этого метода – его чрезвычайная длительность.

Более эффективен индуцированный мутагенез, основанный на мутагенном воздействии рентгеновского и УФ-излучения или некоторых химических соединений. Мутагены вызывают изменения ДНК, приводящие к сдвигу метаболических реакций, в результате чего часть обычных клеток превращаются в сверхпродуцентов.

Как правило, методы мутагенеза и селекции используются в совокупности. Например, так были получены высокопродуктивные штаммы бактерий Bacillus subtilis, способные выделять до 75 кг витамина В2 из тонны питательной смеси.

Достижения в области генетики и молекулярной биологии позволили биотехнологам начиная с 70-х гг. прошлого века, перейти от слепого отбора штаммов мутантов к сознательному конструированию геномов, используя для этой цели технологию рекомбинантной ДНК – основу современной генной инженерии.

Общая схема микробиологического производства состоит из следующих основных этапов:

1. Подготовка питательной среды

Питательная среда служит источником органического углерода – основного строительного элемента жизни. Микроорганизмы поглощают широкий спектр органических соединений – от метана (CH_4), метанола (CH_3OH) и углекислоты (CO_2) до природных биополимеров. Кроме углерода клетки нуждаются в азоте, фосфоре и других элементах (K, Mg, Zn, Fe, Cu, Mo, Mn и др.) Важный элемент подготовки питательных сред – стерилизация с целью уничтожения всех посторонних микроорганизмов. Ее проводят термическим, радиационным, фильтрационным или химическим методами.

2. Получение чистых штаммов для внесения в ферментер

Прежде чем начать процесс ферментации, необходимо получить чистую высокопродуктивную культуру. Чистую культуру микроорганизмов хранят в очень небольших объемах и в условиях, обеспечивающих ее жизнеспособность и продуктивность (обычно это достигается хранением при низкой температуре).

Необходимо все время поддерживать чистоту культуры, не допуская ее заражения посторонними микроорганизмами.

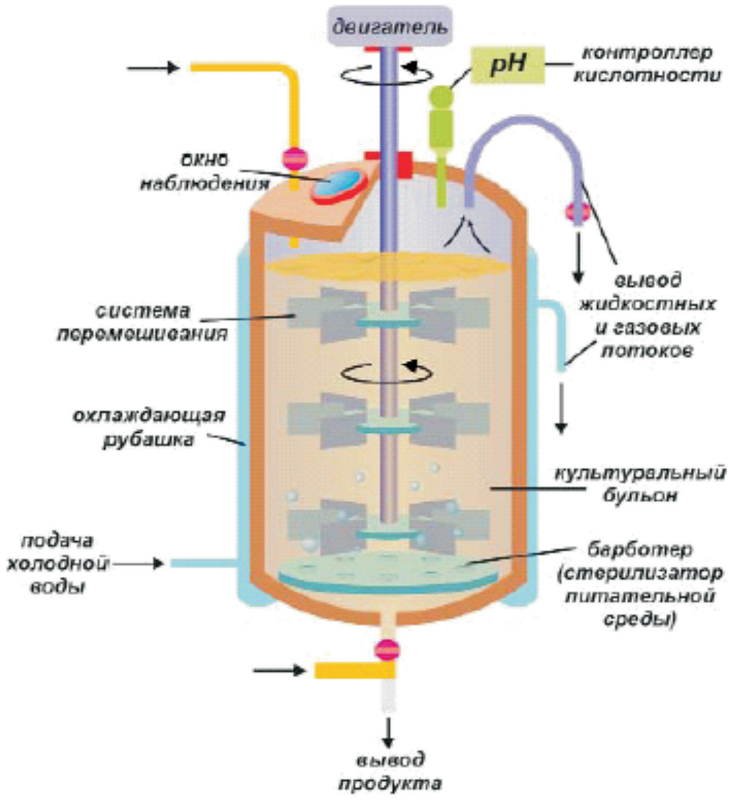


Рис. 9. Общее устройство ферментера

3. Ферментация – основной этап биотехнологического процесса

Ферментация – это вся совокупность операций от внесения микробов в подготовленную и нагретую до необходимой температуры среду до завершения биосинтеза целевого продукта или роста клеток. Весь процесс протекает в специальной установке – ферментере. Обычный ферментер представляет собой закрытый цилиндр, в котором механически перемешиваются среда вместе с микроорганизмами (рис. 9).

Через него прока-

чивают воздух, иногда насыщенный кислородом. Температура регулируется с помощью воды или пара, пропускаемых по трубкам теплообменника. Конструкция ферментера должна позволять регулировать условия роста: постоянную температуру, pH (кислотность или щелочность) и концентрацию растворенного в среде кислорода.

По окончании ферментации образуется смесь рабочих микроорганизмов, раствора непотребленных питательных компонентов и продуктов биосинтеза. Ее называют культуральной жидкостью или бульоном.

4. Выделение и очистка конечного продукта

По завершении ферментации продукт, который желали получить, очищают от других составляющих бульона. Для этого используют различные технологические приемы: фильтрацию, сепарирование (осаждение частиц взвеси под действием центробежной силы), химическое осаждение и др.

5. Получение товарных форм продукта

Последней стадией биотехнологического цикла является получение товарных форм продукта. Они представляют собой либо смесь, либо очищенный продукт (особенно если он предназначен для использования в медицинских целях).

Примеры биотехнологических производств

Получение аминокислот

Среди веществ, получаемых методами биотехнологии, аминокислоты занимают первое место по объему производства – более полумиллиона тонн в год, однако, и это – лишь небольшая доля от потребности в них.

Аминокислоты – это структурные единицы, из которых рибосомы строят все необходимые белки организма. Природные аминокислоты вовлечены в биосинтез ферментов, гормонов, витаминов, антибиотиков, токсинов и других азотсодержащих соединений. Белки, в свою очередь, способны синтезировать различные аминокислоты из органического сырья. Но все же половина из необходимых аминокислот не синтезируются в организме человека и животных. Они называются незаменимыми аминокислотами. Недостаток этих аминокислот в питании приводит к нарушению обмена веществ, замедлению роста и развития (табл.5).

Таблица 5

Потребность человека в незаменимых аминокислотах

Аминокислота	Потребность, мг/кг массы в сутки	
	младенцы	взрослые
Валин	92	14
Гистидин	33	10
Изолейцин	83	12
Лейцин	135	16
Лизин	99	12
Метионин и цистеин	49	10
Фениланин и тирозин	141	16
Треонин	68	8
Трептофан	21	3

Белки яиц и молока обладают высокой пищевой ценностью – это и неудивительно, ведь растущим детенышам необходим весь спектр аминокислот. Многие белки растительного происхождения имеют дефицит некоторых незаменимых аминокислот. Так, белки пшеницы и риса обеднены лизином и треонином, а белки кукурузы – лизином и триптофаном.

Внесение промышленных аминокислот в кормовые концентраты позволяет балансировать корма сельскохозяйственных животных по уровню белка. При добавлении 2-4 кг дефицитных аминокислот к 1 т. комбикорма общий расход кормов уменьшается на 15-20%, а выход мяса и молока увеличивается на 20%. Это позволило перевести животноводство на промышленную основу.

Помимо применения в качестве пищевых добавок, приправ и усилителей вкуса, аминокислоты используют как сырье в химической, парфюмерной, фармацевтической промышленности и т. п. Промышленное производство аминокислот стало возможным после открытия у некоторых микроорганизмов способности вырабатывать их во внешнюю среду.

Так, штамм Corynebacterium glutamicum является продуцентом глутамата. Его использовали при организации первого в мире крупномасштабного биотехнологического производства самой популярной пищевой добавки, глутаминовой кислоты, в Японии в 1956 году.

Промышленными продуцентами лизина являются штаммы бактерий вида Corinebacterium glutamicum. Лизин относится к числу незаменимых аминокислот. В России недостаток этой аминокислоты не может быть восполнен за счет богатой ею сои, поэтому в нашей стране производство лизина было организовано первым, в первую очередь – для удовлетворения потребностей животноводства.

Перспективные штаммы продуцентов постоянно улучшают селекцией мутантов с измененной генетической программой и регуляторными свойствами.

Получение витаминов

Витамины – незаменимые соединения различной химической природы, выполняющие каталитические и регуляторные функции. Недостаток того или иного витамина нарушает обмен веществ и нормальные процессы жизнедеятельности организма, приводя к развитию патологических состояний. В организме человека и животных витамины не образуются. К их синтезу способны только растения и ряд микроорганизмов. Способность последних вырабатывать необходимые человеку витамины легли в основу их промышленного производства.

Получение органических кислот

Методы промышленной микробиологии широко применяются для производства некоторых органических кислот, необходимых человеку. Вырабатываемая микробами уксусная кислота используется в пищевой промышленности, производстве каучука, пластмассы, волокон, инсектицидов. Лимонную кислоту широко используют в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности, а также для очистки металлов.

Производство лимонной кислоты принадлежит к числу старейших микробиологических процессов, оно было организовано в 1893 году. С 20-х годов прошлого века налажено промышленное производство D-глюконовой кислоты из глюкозы при участии Aspergillus niger. Ее используют для извлечения металлов, борьбы со ржавчиной, как моющее средство и в качестве медицинского препарата. Также из глюкозы получают итаконовую кислоту, использующуюся для производства пластмасс и красителей.



Фото. Внешний вид биореактора для исследования целлюлозного этанола

Получение антибиотиков

Антибиотики – это вещества биологического происхождения, способные убивать микроорганизмы или угнетать их рост.

В природе при помощи антибиотиков микроорганизмы борются друг с другом.

Антибиотики делят на бактерицидные, вызывающие гибель микроорганизмов и бактериостатические, нарушающие способность микроорганизмов делиться.

Первый антибиотик – пенициллин, образуемый плесневым грибом Penicillium notatum, открыл английский бактериолог А. Флеминг (1928). «Оружие микробов» развеяло представления о неизлечимости многих бактериальных заболеваний (туберкулез, сепсис, сифилис и др.) Организация крупномасштабного производства

антибиотиков в 40-х годах XX века сыграло решающую роль в становлении промышленной биотехнологии.

Количество открываемых антибиотиков постоянно растет. В 1940 году было известно всего 6 антибиотиков, а в настоящее время описано более 12 000 аналогичных соединений, из которых в медицине применяют около 200 препаратов. 97% антибиотиков токсичны и для человека, поэтому на практике не используются.

Ежегодно в мире производится антибиотиков почти на 20 млрд. долларов. Антибиотики продуцируются плесневыми грибами, актиномицетами, эубактериями и другими микроорганизмами. Среди актиномицетов наибольший вклад вносит род Streptomyces, один из видов которого, Streptomyces griseus, синтезирует более 50 различных антибиотиков.

Получение ферментов

Ферменты (от лат. fermentum – закваска), или энзимы (от греч. en – внутри + zyme – закваска) – белки-катализаторы, присутствующие в каждой клетке. Ускоряя биохимические реакции, ферменты направляют и регулируют все процессы обмена веществ. Ничтожное количество ферментов способно вызывать разложение больших масс других органических веществ, не расходуясь при этом. Будучи самостоятельными химическими веществами, ферменты сохраняют каталитическую активность и вне клеток. В отличие от химических катализаторов, ферменты нетоксичны, используют доступное сырье (в т. ч. отходы), в связи с чем их применение в промышленности выгодно и с экологической, и с экономической точек зрения. Ферменты находят широкое применение в текстильной, кожевенной, целлюлозно-бумажной, медицинской, химической и пищевой промышленности. В медицине распространена практика использования ферментов в диагностических целях, например, для выявления инфаркта миокарда или заболеваний печени.

Источником ферментов могут выступать все живые существа. Для их получения пригодны некоторые растительные организмы на определенной фазе их развития (проросшие зерна злаков и бобовых), а также отдельные ткани и органы животных (поджелудочная железа, слизистая оболочка желудочно-кишечного тракта, сычуг рогатого скота, семенники половозрелых животных). Однако для массового производства ферментов используют микроорганизмы.

Получение микробных иммуннобиологических препаратов – вакцин, иммунных сывороток и диагностикумов.

Вакцины – основной способ профилактики инфекционных заболеваний. Это препараты, изготовленные из ослабленного или убитого инфекционного агента (бактерии, вируса и др.) или его отдельных компонентов, несущих антигенные свойства и способных вызывать иммунитет к данной инфекции.

Термин «вакцина» происходит от латинского слова *vacca* – корова, поскольку вначале для предохранения человека от заболевания оспой ему прививалось содержимое оспенных пузырьков больной коровы. Сегодня вакциной называют все, что получают из патогенных микробов и что вызывает образование специфических антител при попадании в организм. Вакцины получают как из самих микроорганизмов, так и из продуктов их жизнедеятельности. Применение вакцин обеспечивает невосприимчивость организма к заражению реальными возбудителями болезни и стимулирует его защитные силы.

Антитела – белки, образующиеся в ответ на введение в организм бактерий, вирусов, белковых токсинов и других инфекционных агентов. Связываясь активными участками с микробами, антитела препятствуют их размножению или нейтрализуют выделяемые ими яды.

Иммунные сыворотки содержат готовые антитела к определенным видам микробов. В отличие от вакцин, их используют не только для профилактики, но и для ле-

чения, поскольку введение антител в зараженный организм способствует быстрому обезвреживанию микробов и их токсинов.

Для получения необходимых для сыворотки антител намеренно инфицируют лошадь. Когда через 10–12 дней ее организм вырабатывает достаточное количество антител, из крови животного получают сыворотку.

Сывороточные препараты, полученные из крови лошади, содержат, помимо необходимых антител, чужеродные для человека белки. Поэтому при их введении у пациента могут возникать аллергические реакции. Чтобы снизить процент осложнений, сыворотку подвергают дополнительной обработке.

В настоящее время широкое применение получили гамма-глобулины, извлекаемые из иммунных сывороток, которые содержат антитела в наибольшей концентрации.

Диагностические сыворотки (диагностикумы) представляют собой взвесь убитых бактерий определенного вида. Например, брюшнотифозный диагностикум – это взвесь убитых бактерий брюшного тифа. Диагностикумы предназначены для качественного и количественного определения соответствующих иммуноглобулинов в сыворотке крови с диагностической целью.

Расширяются возможности получения эффективных и безопасных иммунобиологических препаратов с помощью генной инженерии. Она позволяет использовать в качестве источников необходимых веществ не организмы людей и животных, а новые искусственно созданные системы – специально культивированные клетки многоклеточных организмов.

Антитела синтезируются в лимфоцитах. Если «скрестить» лимфоциты с быстро делящейся раковой клеткой, то образуются клетки-гибридомы, имеющие свойства обоих «родителей». Из них можно получать целые популяции генетически одинаковых клеток, которые быстро делятся (как раковые) и вырабатывают определенный вид антител (как лимфоцит). Такой клон позволяет получать любые количества антител определенного вида.

4.3. Возможности и направления биотехнологии

Биотехнология имеет тесную связь с другими науками (рис.10).

В молекулярной биологии использование биотехнологических методов позволяет определить структуру генома, понять механизм экспрессии генов, смоделировать клеточные мембраны с целью изучения их функций и т.д.

Конструирование нужных генов методами генной и клеточной инженерии позволяет управлять наследственностью и жизнедеятельностью животных, растений и микроорганизмов и создавать организмы с новыми полезными для человека свойствами, ранее не наблюдавшимися в природе.

В биохимии, микробиологии, цитологии несомненный интерес вызывают методы иммобилизации как ферментов, так и целых клеток микроорганизмов, растений и животных.

В ветеринарии широко используются такие биотехнологические методы, как культура клеток и зародышей, овогенез in vitro, искусственное оплодотворение.

Все это свидетельствует о том, что биотехнология станет источником не только новых продуктов питания и медицинских препаратов, но и получения энергии и новых химических веществ, а также организмов с заданными свойствами[83,123,124].

Быстрота развития биотехнологии обусловлена ее способностью помочь в решении множества проблем, с которыми в настоящее время сталкивается общество. В число задач, которые под силу решить биотехнологии, входит излечение тяжелых заболеваний, повышение эффективности и безопасности сельскохозяйственного производства, очистка окружающей среды от загрязнений, сохранение биологического разнообразия и многое другое.

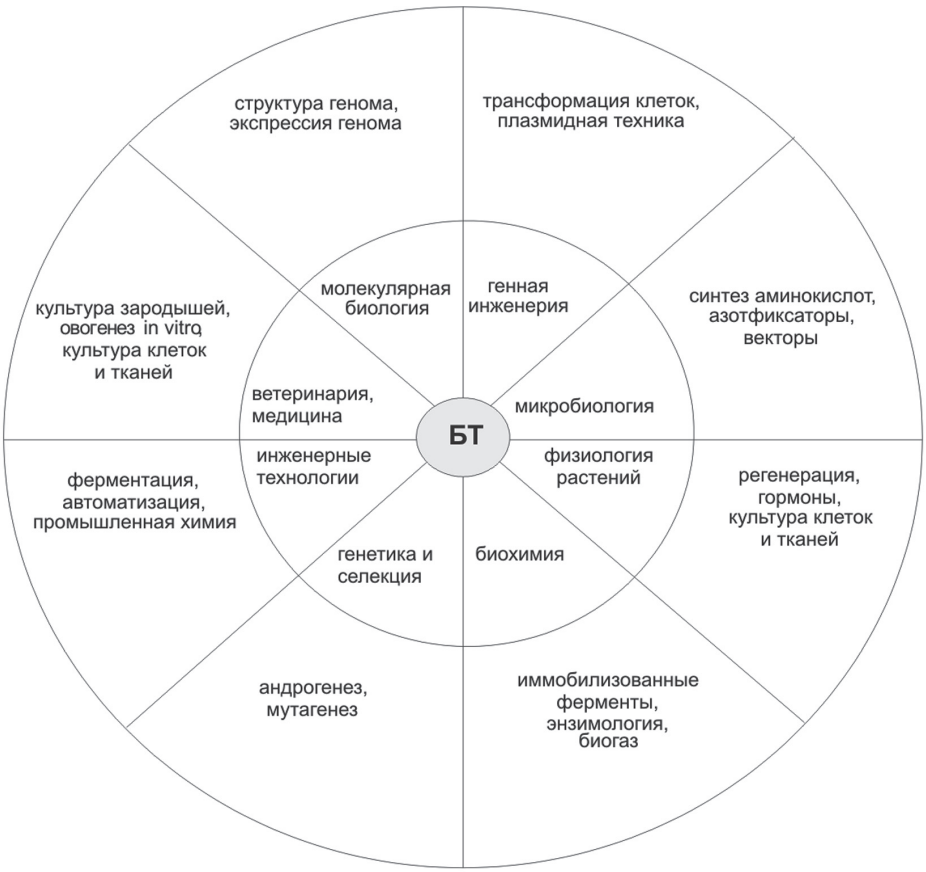


Рис. 10. Связь биотехнологии с другими науками

Биотехнология уже успешно соперничает с традиционными производственными процессами и способствует устойчивому развитию промышленного производства.

Для промышленности устойчивое развитие означает постоянные нововведения, усовершенствования и использование «экологически чистых» технологий с целью снижения уровня загрязнения среды и потребления ресурсов. Рациональный производственный процесс должен соответствовать следующим критериям:

– минимальное количество отходов или полное их исключение;

– минимальное потребление энергии и невозобновляемых ресурсов (и активное использование углеводного сырья: сахаров и крахмала).

Живые системы справляются с протекающими в них химическими процессами гораздо эффективнее химических комбинатов; образующиеся при этом отходы биоразрушаемы или могут быть использованы повторно. Биокатализаторы, особенно ферменты, действуют при более низких температурах и приводят к образованию меньшего количества токсических отходов и побочных продуктов, чем традиционные химические агенты. Некоторые из них высокоизбирательны и могут использоваться для обработки менее очищенного сырья. Использование биотехнологии может уменьшить энергопотребление производственных процессов. И, наконец, наряду с приемами диагностики и тестирования пищевых продуктов на наличие токсических соединений, биотехнология предоставляет новые возможности мониторинга состояния окружающей среды и выявления загрязнений.

В течение многих лет источником сырья и энергии для многих производственных процессов являлась нефть – невозобновляемый ресурс, переработка которого приводит к загрязнению окружающей среды и образованию твердых отходов. Промышленная биотехнология позволяет снизить негативное влияние на окружающую среду за счет постепенной замены нефти природными сахаросодержащими продуктами.

В отличие от большинства химических реакций, протекающих исключительно при высоких температурах и давлении, реакции, катализируемые биологическими молекулами, более эффективны в совместимых с жизнью условиях: температуре около 37°С, атмосферном давлении и в водных растворах. Поэтому производственные процессы, использующие биологические молекулы, требуют гораздо меньше энергии для запуска химических реакций.

Биотехнология обеспечивает разработку новых ферментов (биокатализаторов) для внедрения в различные сферы производства. В клетках живых организмов ферменты участвуют в расщеплении пищи, превращении закодированной в ДНК информации в белки, а также для выполнения других непростых задач. Ферменты классифицируются по субстратам – веществам, с которыми они вступают во взаимодействие. К наиболее многочисленным классам ферментов относятся протеазы, расщепляющие белки; расщепляющие целлюлозу целлюлазы; липазы, разрушающие жиры и жирные кислоты, и амилазы, расщепляющие крахмал до простых сахаров.

Биотехнология обеспечивает возможность замещения производимых на основе нефтепродуктов полимеров на биополимеры, сырьем для производства которых является сельскохозяйственная биомасса.

Экологическая биотехнология подразумевает использование живых организмов для переработки опасных отходов и борьбы с загрязнением окружающей среды. Например, некоторые грибки применяются для нейтрализации токсичных побочных продуктов бумажной промышленности. Другие микроорганизмы, населяющие свалки ядовитых отходов, расщепляют такие соединения, как полихлорированные бифенилы, на безвредные соединения. Биотехнологи изучают механизмы, с помощью которых населяющие устья рек микроорганизмы могли бы очищать воду от химических загрязнений.

Методы экологической биотехнологии обеспечивают более эффективное по сравнению с традиционными подходами обезвреживание разнообразных токсических отходов, а также значительно снижают нашу зависимость от таких методов утилизации мусора как сжигание и создание хранилищ токсических отходов.

Отрасли, выигрывающие от использования методов биотехнологии:

– *химическая промышленность*: использование биокатализаторов для синтеза новых соединений, уменьшения количества побочных продуктов и повышения степени очистки продукции;

– *производство пластмасс*: снижение количества используемой для производства пластмассы нефти за счет перехода на экологически чистую пластмассу, изготавливаемую из сельскохозяйственного сырья: кукурузы или сои;

– *бумажная промышленность*: повышение эффективности производственного процесса, в том числе за счет ферментов, снижающих количество токсичных побочных продуктов;

– *текстильная промышленность*: снижение образования токсичных побочных продуктов. Повышение качества фабричных детергентов за счет добавления ферментов;

– *пищевая промышленность*: улучшение процессов хлебопечения, использование получаемых с помощью ферментации консервантов и методов анализа безопасности продуктов питания;

– *промышленное животноводство*: использование ферментов для повышения усвояемости питательных веществ и снижения выделения соединений фосфора в окружающую среду;

– *энергетическая промышленность*: использование ферментов для создания экологически чистого топлива из сельскохозяйственных отходов.

Некоторые промышленные приложения биотехнологии по отраслям:

– биологические топливные элементы;
– химические продукты тонкого органического синтеза и массового производства;
– синтез хиральных соединений (молекулы которых несовместимы со своим зеркальным отражением);
– синтетическое волокно для производства тканей;
– фармакологические препараты;
– пищевые ароматизаторы;
– биопластмассы;
– биоэтанол, биодизель, биоводород для транспортных средств;
– пищевые жиры;
– очистка масел и газов от сероводорода;
– обезжиривание кожи;
– биополимеры для изготовления упаковки;
– очистка вод угольных пластов от метана;
– обеззараживание химического и биологического оружия;
– отбеливание целлюлозы и бумаги;
– биопульпирование (размягчение древесины с помощью лигнин-разрушающих грибов) для производства бумаги;
– обработка текстиля;
– ферментативная обработка продуктов питания;
– выщелачивание отвалов металлических руд;
– гальванопокрытие/очистка металлов;
– вискоза и другие синтетические волокна;
– очистка металлов от примесей;
– производство витаминов;
– производство подсластителей (кукурузный сироп с высоким содержанием фруктозы);
– обработка дорожного покрытия с целью меньшего накопления пыли;
– обезвоживание текстиля;
– рафинирование растительных масел.

Продукты широкого потребления, производимые с помощью промышленной биотехнологии приведены в табл. 6.

Таблица 6

Продукты широкого потребления промышленной биотехнологии

Продукт потребления	**Старый метод производства**	**Новый промышленный биотехнологический процесс**	**Биотехнологическая методика**	**Польза для потребителя**
Моющие средства	Добавление фосфатов в качестве улучшающих цвет и моющих агентов	Добавление биотехнологических ферментов в качестве улучшающих цвет и моющих агентов: – протеазы удаляют белковые загрязнения; – амилазы удаляют углеводные загрязнения	Генетически модифицированные бактерии и грибки синтезируют необходимые ферменты	– исключение загрязнения вод фосфатами; – более качественная, сохраняющая цвет одежды стирка при низких температурах; – экономия энергии

Продукт потребления	Старый метод производства	Новый промышленный биотехнологический процесс	Биотехнологическая методика	Польза для потребителя
Хлеб	Добавление подозреваемого в канцерогенных свойствах бромата калия в качестве консерванта и стабилизатора теста	Добавление биотехнологических ферментов для: – улучшения поднятия теста; – стабилизации теста; – увеличения срока хранения	Г енетически модифицированные микроорганизмы синтезируют хлебопекарные ферменты (направленная эволюция и метод рекомбинантных ДНК)	– высокое качество хлебопродуктов; – длительный срок хранения; – исключение необходимости добавления бромата калия
Ткани из синтетических волокон	Синтетические волокна производятся из нефтепродуктов с помощью химических процессов	Биотехнологические полимерные волокна изготавливаются из углеводсодержащего сырья	Природные бактерии используются для превращения сахара в молочную кислоту, которая с помощью нагревания конвертируется в биоразрушаемый полимер – сырье для производства пластика и синтетических волокон	– биотехнологические полимеры не впитывают запах тела, что характерно для других типов волокон; – они разрушаются под действием почвенных микроорганизмов; – в производстве не используются нефтепродукты; – не выделяют токсичного дыма при сгорании
Витамин В2	Использование токсических соединений, в том числе анилина, в девятистадийном процессе химического синтеза	Одностадийный ферментационный процесс с использованием растительного масла в качестве сырья	Генетически модифицированные микроорганизмы используются для синтеза витамина В2 (направленная эволюция)	– биологическое производство без использования химикатов; – существенно снижается количество токсичных отходов
Вареные джинсы	Открытая разработка месторождений пемзы; обработка текстиля с использованием дробленой пемзы и/или кислоты	Ткань обрабатывается биотехнологическим ферментом целлюлазой, что приводит к изменению цвета и повышению мягкости ткани	Ферменты для обработки текстиля синтезируются генетически модифицированными микроорганизмами (экстремофилы, метод рекомбинантных ДНК)	– снижение объема разработок месторождений; – более мягкая ткань; – экономия энергии; – снижение себестоимости

Продукт потребления	Старый метод производства	Новый промышленный биотехнологический процесс	Биотехнологическая методика	Польза для потребителя
Отбеливание бумаги	Кипячение древесной щепы в агрессивных химических составах для получения пульпы, использующейся в производстве бумаги	В процессе пульпирования ферменты селективно разрушают лигнин и стенки древесных клеток	Ферменты синтезируются генетически модифицированными микроорганизмами (метод рекомбинантных ДНК)	– снижение использования хлорсодержащих отбеливателей и выбросов токсичного диоксина в окружающую среду; – снижение стоимости за счет экономии энергии и затрат на химикаты
Топливный этанол	Ферментация пищевого или кормового зерна с целью получения этанола (метод, известный человеку тысячи лет)	Использование фермента целлюлазы позволяет перерабатывать сельскохозяйственные отходы (ботву, листья, солому, шелуху) в углеводы, впоследствии конвертируемые в этанол	Генетически модифицированные микроорганизмы синтезируют ферменты, способные превращать сельскохозяйственные отходы в ферментируемые сахара (направленная эволюция, перенос генов)	– возобновляемый источник сырья; – уменьшение выбросов в атмосферу парниковых газов; – увеличение производства энергии; – более высокая эффективность метода по сравнению с традиционным
Антибиотики	Химический синтез с использованием хлорсодержащих растворителей и ядовитых химических соединений	Одноступенчатый биологический процесс, использующий прямую ферментацию для получения промежуточных соединений	Генетически модифицированные микроорганизмы синтезируют основные компоненты некоторых антибиотиков (метод рекомбинантных ДНК)	– снижение энергопотребления на 65%; – общее снижение финансовых затрат
Растворы для контактных линз	Для очистки линз использовались поверхностно-активные вещества и/или солевые растворы (не удаляют белковые отложения)	Ферменты протеазы эффективно удаляют белковые отложения	Генетически модифицированные микроорганизмы синтезируют протеазы (направленная эволюция)	– более эффективная очистка контактных линз; – снижение раздражения слизистой оболочки глаза

Направления биотехнологии

Микробиологический синтез

Развитие микробиологической промышленности, выпускающей ценные продукты биосинтеза, позволило накопить очень важный опыт конструирования, производства и эксплуатации принципиально нового промышленного оборудования. Современное микробиологическое производство — производство очень высокой культуры. Технология его очень сложна и специфична, обслуживание аппаратуры требует овладения специальными навыками, ведь всё производство работает только в условиях строжайшей стерильности: стоит попасть в ферментатор лишь одной клетке микроорганизма другого вида, как всё производство может остановиться — «чужак» размножится и начнёт синтезировать совсем не то, что нужно человеку.

В настоящее время с помощью микробиологического синтеза производят антибиотики, ферменты, аминокислоты, полупродукты для дальнейшего синтеза разнообразных веществ, феромоны (вещества, с помощью которых можно управлять поведением насекомых), органические кислоты, кормовые белки и другие. Технология производства этих веществ хорошо отработана, получение их микробиологическим путём экономически выгодно.

В то же время идут поиски видов микроорганизмов, которые обладают способностью синтезировать в наибольших количествах другие необходимые вещества. В частности, учёные работают над тем, чтобы сделать выгодным производство с помощью микроорганизмов обычных химических продуктов: ацетона, различных спиртов, простых органических кислот, окиси пропилена и т. п. На микробиологической основе пытаются производить горючее: метан и спирт. Уже сейчас спирт, полученный микробиологическим путём, конкурирует с бензином по своим «рабочим» качествам, а также по показателям, очень важным с точки зрения охраны природы: продукты сгорания спирта не загрязняют окружающую среду.

Эти работы учёных важны ещё и по другой причине. Сейчас химическая промышленность для производства горючего, ацетона и других подобных веществ использует как исходное сырьё нефть, газ и уголь. Но их запасы ограничены. А в микробиологической промышленности для производства химических продуктов могут использоваться (и уже частично используются) неограниченные, постоянно возобновляющиеся массы органического сырья, отходов, образующихся в сельском хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности, очистных сооружениях городов и т. п. Разработка и внедрение эффективных технологий такого производства — задача, имеющая большое значение для экономики народного хозяйства.

Важным направлением биотехнологии является производство и использование так называемых иммобилизованных ферментов.

Использование ферментов — биологических катализаторов — очень заманчивая вещь. Ведь они по многим своим свойствам, прежде всего активности и избирательности действия (специфичности), намного превосходят катализаторы химические. Ферменты обеспечивают осуществление химических реакций без высоких температур и давлений, а ускоряют их в миллионы и миллиарды раз. При этом каждый фермент катализирует только одну определённую реакцию.

В пищевой и кондитерской промышленности ферменты применяются уже давно: многие из первых патентов ещё начала века касались производства ферментов именно для этих целей. Однако требования к этим препаратам тогда были не очень высокие — по существу в производстве использовались не чистые ферменты, а различные вытяжки или полуразрушенные и высушенные клетки дрожжей или низших грибов. Ферменты (вернее, содержащие их препараты) использовали и в текстильной промышленности для отбеливания и обработки пряжи и хлопковых нитей.

Биологические катализаторы можно использовать, не извлекая их из живых организмов, прямо в бактериальных клетках, например. Этот способ, собственно, есть основа всякого микробиологического производства и применяется он издавна.

Гораздо заманчивее использовать чистые препараты ферментов и избавиться, таким образом, от побочных, сопутствующих жизнедеятельности микроорганизмов реакций. Создание производства, в котором используется биологический катализатор в чистом виде как реактив, сулит очень большие выгоды — повышается технологичность, возрастают во много тысяч раз производительность и чистота процессов. Но здесь возникает принципиальное затруднение: многие ферменты после их извлечения из клетки очень быстро инактивируются, разрушаются. Ни о каком многократном их использовании не может быть и речи.

Учёные нашли решение проблемы. Для того чтобы стабилизировать, или, как говорят, иммобилизовать ферменты, сделать их устойчивыми, пригодными для многократного, длительного промышленного использования, ферменты присоединяют с помощью прочных химических связей к нерастворимым или растворимым носителям — ионообменным полимерам, полиорганосилоксанам, пористому стеклу, полисахаридам и т. п. В результате ферменты становятся устойчивыми и могут быть использованы многократно. Эта идея затем была перенесена в микробиологию — возникла мысль иммобилизовать живые клетки. Иногда очень нужно, чтобы они в процессе микробиологического синтеза не загрязняли среду, не смешивались с синтезируемыми ими продуктами и вообще были бы больше похожи на химические реактивы. И такие иммобилизованные клетки были созданы; они успешно применяются, например, при синтезе стероидных гормонов — ценных лекарственных препаратов.

Разработка способа повышения устойчивости ферментов значительно расширяет возможности их использования. С помощью ферментов можно, например, получать сахар из растительных отходов и этот процесс будет экономически рентабельным. Уже создана опытная установка для непрерывного производства сахара из клетчатки.

Иммобилизованные ферменты находят применение и в медицине. Так, в нашей стране для лечения сердечно-сосудистых заболеваний разработан препарат иммобилизованной стрептокиназы (препарат получил название «стрептодеказа»). Этот препарат можно вводить в сосуды для растворения образовавшихся в них тромбов. Растворимая в воде полисахаридная матрица (к классу полисахаридов относятся, как известно, крахмал и целлюлоза, близким к ним по строению был и подобранный полимерный носитель), к которой химически «привязана» стрептокиназа, значительно повышает устойчивость фермента, снижает его токсичность и аллергическое действие и не влияет на активность, способность фермента растворять тромбы.

Создание иммобилизованных ферментов, так называемая *инженерная энзимология*, — одно из новых направлений биотехнологий. Достигнуты лишь первые успехи. Но они существенно преобразили прикладную микробиологию, техническую биохимию и ферментную промышленность. Во-первых, в микробиологической промышленности сейчас актуальными стали разработки производства ферментов самой различной природы и свойства. Во-вторых, возникли новые области производства, связанные с получением именно иммобилизованных ферментов. В-третьих, создание новых ферментных препаратов открыло возможность организации ряда новых производств для получения нужных веществ с помощью биологические катализаторов.

Инженерная энзимология — это новое научно-техническое направление, появление которого связано с необходимостью интенсификации биотехнологических процессов.

Задачи инженерной энзимологии — конструирование органических катализаторов (энзимов) с заданными свойствами на основе ферментов и полиферментных систем, выделенных из клеток или находящихся в них.

Инженерная энзимология основана на принципах органического и ферментативного катализа, химической технологии, биотехнологии и биохимии и со времени своего зарождения целиком обращена к практике.

Практические разработки в области инженерной энзимологии связаны с решением следующих задач:

- получением нового продукта;
- улучшением качества известного продукта;
- повышением экономичности биотехнологического процесса.

Инженерная энзимология разрабатывает и осуществляет промышленные методы получения химических веществ и продуктов (напр., пищевых), основанные на использовании в качестве катализаторов химических реакций ферментов, выделенных обычно из биологических объектов или находящихся внутри клеток, которые искусственно лишены способности роста.

Ферменты в качестве биологических катализаторов применяются в различных отраслях промышленности — пищевой, текстильной, фармацевтической, кожевенной, в медицине, сельском хозяйстве, в тонком органическом синтезе и т.д. Более широкое использование ферментов в биотехнологии до последнего времени сдерживалось вследствие ряда причин, а именно:

- трудоемкости отделения ферментов от исходных реагентов и продуктов реакции;
- нестабильности ферментов при хранении и при действии различных факторов;
- высокой стоимости чистых ферментных препаратов.

Создание биокатализаторов нового поколения — иммобилизованных, т.е. связанных ферментов открыло перед прикладной энзимологией новые перспективы.

Иммобилизованные ферменты имеют существенные преимущества. Так, например, они легко отделимы от реакционной среды. Это дает возможность остановить реакцию в любой момент, получить продукт, незагрязненный катализатором и использовать ферментный препарат многократно. Иммобилизованные ферменты технологичны, что определяется возможностью вести биотехнологический процесс непрерывно и регулировать скорость катализируемой реакции и выход продукта путем изменения скорости протока. Подбором соответствующих носителей и методов иммобилизации можно целенаправленно модифицировать такие свойства ферментов, как специфичность, pH— и температуро— зависимость, а также стабильность фермента при денатурирующих воздействиях.

Клеточная инженерия

Клеточная инженерия — конструирование специальными методами клеток нового типа. Клеточная инженерия используется для решения теоретических проблем, в биотехнологии, для создания новых форм растений, обладающих полезными признаками и одновременно устойчивых к болезням, и т.п.

Клеточная инженерия включает реконструкцию жизнеспособной клетки из отдельных фрагментов разных клеток, объединение двух целых клеток, принадлежащих различным видам (и даже относящихся к разным царствам — растениям и животным), с образованием новой, несущей генетический материал исходных клеток, и другие операции.

Клеточная инженерия — необычайно перспективное направление современной биотехнологии. Учёные разработали методы выращивания в искусственных условиях (культивирование) клеток растений животных и даже человека. Культивирование клеток позволяет получать различные ценные продукты, ранее добываемые в очень ограниченном количестве из-за отсутствия источников сырья.

Особенно успешно развивается клеточная инженерия растений. Используя методы генетики, удаётся отбирать линии таких клеток растений — продуцентов практически важных веществ, которые способны расти на простых питательных средах и в то же время накапливать ценных продуктов в несколько раз больше, чем само растение. Выращивание массы клеток растений уже используется в промышленных масштабах для получения физиологически активных соединений.

Другое важное направление клеточной инженерии — клональное микроразмножение растений на основе культуры тканей. Основан это метод на удивительном

свойстве растений: из отдельной клетки или кусочка ткани в определённых условиях может вырасти целое растение, способное к нормальному росту и размножению. Этим методом из небольшой части растения можно получить до 1 млн. растений в год. Клональное микроразмножение используется для оздоровления и быстрого размножения редких, хозяйственно ценных или вновь созданных сортов сельскохозяйственных культур. Таким путём из клеток, не заражённых вирусами, получают здоровые растения картофеля, винограда, сахарной свёклы, садовой земляники, малины и многих других культур. В настоящее время разработаны методы микроразмножения и более сложных объектов — древесных растений (яблони, ели, сосны). На основе этих методов будут созданы технологии промышленного получения исходного посадочного материала ценных древесных пород.

Методы клеточной инженерии позволят значительно ускорить селекционный процесс при выведении новых сортов хлебных злаков и других важных сельскохозяйственных культур: срок их получения сокращается до 3–4 лет (вместо 10–12 лет, необходимых при использовании обычных методов селекции).

Перспективных способом выведения новых сортов ценных сельскохозяйственных культур является также разработанный учёными принципиально новый метод слияния клеток. Этот метод позволяет получать гибриды, которые не могут быть созданы обычным путём скрещивания в силу барьера межвидовой несовместимости. Методом слияния клеток получены, например, гибриды различных видов картофеля, томатов, табака; табака и картофеля, рапса и турнепса, табака и белладонны. На основе гибрида культурного и дикого картофеля, который устойчив к вирусам и другим заболеваниям, создаются новые сорта. Аналогичным способом получают ценный селекционный материал томатов и других культур.

В перспективе — комплексное использование методов генетической и клеточной инженерии для создания новых сортов растений с заранее заданными свойствами, например, со сконструированными в них системами фиксации атмосферного азота. Большие успехи достигнуты клеточной инженерией в области иммунологии: разработаны методы получения особых гибридных клеток, производящих индивидуальные или моноклональные антитела. Это позволило создать высокочувствительные средства диагностики ряда тяжёлых заболеваний человека, животных и растений. Значительный вклад вносит современная биотехнология в решение такой важной проблемы, как борьба с вирусными заболеваниями сельскохозяйственных культур, наносящими большой ущерб народному хозяйству. Учёные разработали высокоспецифичные сыворотки для выявления более 20 вирусов, вызывающих заболевания различных сельскохозяйственных культур. Разработана и изготовлена система приборов и приспособлений для массовой автоматической экспресс-диагностики вирусных болезней растений в условиях сельскохозяйственного производства. Новые методы диагностики позволяют отбирать для посадки свободный от вирусов исходный материал (семена, клубни и др.), что способствует значительному повышению урожая.

Биогеотехнология — использование геохимической деятельности микроорганизмов в горнодобывающей промышленности. Это экстракция и концентрирование металлов при биологической очистке сточных вод предприятий горнодобывающей промышленности и флотационных процессах: выщелачивание бедных и отработанных руд, десульфирование каменного угля, окисление пиритов и пиритсодержащих пород.

Наряду с бактериальным выщелачиванием металлов сформировались и другие разделы биогеотехнологии — удаление серы из углей, борьба с метаном в угольных шахтах, повышение нефтеотдачи пластов.

Биогеотехнология выщелачивания металлов — использование главным образом тионовых (окисляющих серу и серосодержащие соединения) бактерий для извлечения металлов из руд, рудных концентратов и горных пород. При переработке бедных и сложных руд тысячи и даже миллионы тонн ценных металлов теряются в виде

отходов, шлаков, «хвостов». Происходят также выбросы вредных газов в атмосферу. Бактериально-химическое выщелачивание металлов уменьшает эти потери. Основу этого процесса составляет окисление содержащихся в рудах сульфидных минералов тионовыми бактериями. Окисляются сульфиды меди, железа, цинка, олова, кадмия и т. д.

Биогеотехнология обессеривания углей — использование тионовых бактерий для удаления серосодержащих соединений из углей. Как бурые, так и каменные угли нередко содержат значительные количества серы. Общее содержание серы в углях может достигать 10—12 %. При сжигании углей содержащаяся в них сера превращается в сернистый газ, который поступает в атмосферу, где из него образуется серная кислота. Из атмосферы серная кислота выпадает на поверхность земли в виде сернокислотных дождей. По имеющимся данным, в некоторых странах Западной Европы в год на 1 га земли с дождями выпадает до 300 кг серной кислоты. Нетрудно себе представить, какой ущерб наносят кислотные дожди здоровью человека, его хозяйственной деятельности и окружающей природе. Кроме этого, высокосернистые угли плохо коксуются и поэтому не могут быть использованы в металлургии. Микробное удаление серы из углей, по мнению специалистов, является экономически выгодным и с ним связывают надежды на решение проблемы сернокислотных дождей. Работы по удалению пиритной серы из угля микробиологическим путем проводятся сейчас во многих странах мира. По последним сообщениям в лабораторных условиях удается снизить содержание серы в угле путем микробиологического выщелачивания за 5 суток почти на 100 %.

Биогеотехнология и борьба с метаном в угольных шахтах — использование метанокисляющих бактерий для снижения концентрации метана в угольных пластах и выработанных пространствах. В пластах каменного угля содержится огромное количество метана, достигающее сотни кубометров в 1 т угля. При этом чем глубже залегает уголь в недрах земли, тем больше метана он содержит. При подземной добыче угля метан из разрабатываемых угольных пластов и образующихся при этом выработанных пространств поступает в атмосферу шахт. Скопления этого взрывоопасного газа в горных выработках создают постоянную угрозу для жизни шахтеров. Известны случаи крупных взрывов метана в угольных шахтах мира, унесшие сотни человеческих жизней.

Традиционные средства борьбы с метаном в угольных шахтах (вентиляция, вакуумная дегазация, увлажнение пластов водой) в условиях постоянной интенсификации горных работ и перехода на все более глубокие угленосные горизонты часто уже не могут обеспечить одновременно высокий уровень угледобычи и безопасные условия труда. В основе биогеотехнологических способов борьбы с метаном лежит процесс поглощения этого газа метанокисляющими бактериями в угольных пластах и выработанных пространствах. На данном уровне развития наук этот процесс представляет собой единственную возможность разрушения молекулы метана при температурах разрабатываемых угленосных толщ.

Биогеотехнология и повышение нефтеотдачи пластов — использование различных групп микроорганизмов для увеличения вторичной добычи нефти. Нефть, как известно, является в настоящее время основным энергетическим и химическим сырьем. Однако по некоторым прогнозам мировые запасы нефти могут быть исчерпаны уже в течение ближайших 50 лет. Вместе с тем существующая технология позволяет извлекать только половину нефти, содержащейся в месторождениях. Это обусловлено прочной связью нефти с вмещающими ее породами. Повышение нефтеотдачи пластов на 10—15 % было бы равносильно открытию новых месторождений. В связи с этим в настоящее время заметно возрос интерес к поиску путей и средств повышения вторичной добычи нефти.

Один из способов предполагает использование комплекса углеводородокисляющих и метанобразующих бактерий для увеличения нефтеотдачи пластов основано на активации геохимической деятельности этих микробов в нефтяной залежи, куда они

попадают вместе с закачиваемыми через скважины поверхностными водами. Активация названных микробиологических процессов достигается путем аэрации закачиваемых вод и добавления в них минеральных солей азота и фосфора. Недостаток этих химических элементов чаще всего лимитирует активность микрофлоры в природных условиях. Нагнетание в нефтяную залежь обогащенной кислородом и минеральными солями воды приводит к образованию аэробной зоны в нефтеносном пласте вокруг нагнетательной скважины. Здесь начинают интенсивно идти процессы разрушения нефти аэробными углеводородокисляющими микробами. Это сопровождается накоплением углекислого газа, водорода и низкомолекулярных органических кислот, которые поступают в анаэробную зону нефтяной залежи. Здесь они превращаются метанобразующими бактериями в метан. Разрушение нефти и образование газов приводят к разжижению нефти и повышению газового давления в нефтеносном пласте, что и должно сопровождаться увеличением добычи нефти из добывающих скважин.

Очевидно, что биотехнология имеет огромное будущее. И дальнейшее её развитие тесно связано с одновременным развитием всех важнейших отраслей биологической науки, исследующих живые организмы на разных уровнях их организации. Ведь как бы ни дифференцировалась биология, какие бы новые научные направления не возникали, объектом их исследования всегда будут живые организмы, представляющие собой совокупность материальных структур и разнообразнейших процессов, составляющих физическое, химическое и биологическое единство. И этим — самой природой живого — предопределяется необходимость комплексного изучения живых организмов. Поэтому естественно и закономерно, что биотехнология возникла в результате прогресса комплексного направления — физико-химической биологии и развивается одновременно и параллельно с этим направлением.

Всегда одной из основных практических задач клеточной и тканевой инженерии являлось создание на основе культивированных in vitro клеток живых эквивалентов тканей и органов с целью их использования в заместительной терапии для восстановления повреждённых структур и функций организма. Наибольшие успехи в этом направлении достигнуты при использовании выращенных in vitro кератиноцитов для лечения повреждений кожного покрова, и в первую очередь — при лечении ожоговых ран.

Ещё одно важное обстоятельство, которое отличает биотехнологию от других направлений науки и производства. Она исходно ориентирована на проблемы, которые тревожат современное человечество: производство продуктов питания (прежде всего белка), сохранение энергетического равновесия в природе (отход от ориентировки на использование невосполнимых ресурсов в пользу ресурсов восполнимых), охрана окружающей среды (биотехнология — «чистое» производство, требующее, правда, больших затрат воды).

Наибольшие ожидания связаны с использованием методов генной инженерии.

Глава 5.
Генная инженерия

5.1. Структурная организация генного вещества

При огромном разнообразии жизни все живые организмы состоят из одних и тех же химических элементов, объединенных в белки. Только у различных живых существ белки различны по своей структуре. Но почему клетки определенного организма синтезируют только свойственные им белки? Как происходит механизм передачи наследственной информации, а главное – где она хранится? [83,110].

В 1953 г., Д. Уотсон и Ф. Крик открыли принцип структурной (молекулярной) организации генного вещества — *дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) (рис.11)*. Структура ДНК дала ключ к механизму точного воспроизведения — редупликации — генного вещества. Так возникла новая наука — молекулярная биология. ДНК была провозглашена «главной молекулой жизни», «нитью жизни», началом начал и основой всего живого.

Объектами исследования молекулярной биологии являются генетические макромолекулы — ДНК, РНК и белки. Каждый из классов этих молекул выполняют специфические функции. ДНК являются носителем генетической информации, РНК (рибонуклеиновая кислота) служат матрицей для синтеза белка и участвуют в других биохимических процессах клетки. Белки выполняют структурные, регуляторные, каталитические функции.

Именно ДНК определяет наследственность организмов, то есть воспроизводящийся в поколениях набор белков и связанных с ними признаков. Биосинтез белка является центральным процессом живой материи, а нуклеиновые кислоты обеспечивают его, с одной стороны, программой, определяющей весь набор и специфику синтезируемых белков, а с другой — механизмом точного воспроизведения этой программы в поколениях. Следовательно, происхождение жизни в ее современной клеточной форме сводится к возникновению механизма наследуемого биосинтеза белков.

Суть генной инженерии сводится к следующему: биологи, зная, какой ген за что отвечает, выделяют его из ДНК одного организма и встраивают в ДНК другого. В результате можно заставить клетку синтезировать новые белки, что придает организму новые свойства. Здесь не обойтись без общих сведений о ДНК.

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)

ДНК — один из двух типов нуклеиновых кислот, обеспечивающих хранение, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития и функционирования живых организмов. Основная роль ДНК в клетках — долговременное хранение информации о структуре рибонуклеиновой кислоты (РНК) и белков.

С химической точки зрения, ДНК — это длинная полимерная молекула, состоящая из повторяющихся блоков, *нуклеотидов*. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, сахара (дезоксирибозы) и ф осфатной группы. Связи между нуклеотидами в цепи образуются за счёт дезоксирибозы и фосфатной группы. В подавляющем

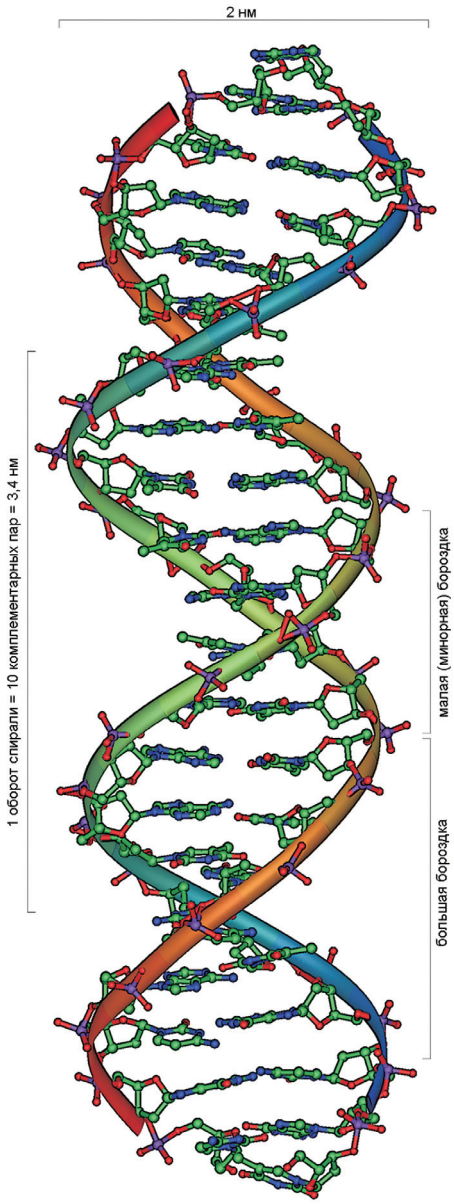


Рис. 11. Общая структура ДНК

большинстве случаев макромолекула ДНК состоит из двух цепей, ориентированных азотистыми основаниями друг к другу. Эта двухцепочечная молекула спирализована. В целом структура молекулы ДНК получила название «двойной спирали».

Нити ДНК представляют собой цепи из нуклеотидов, а нуклеотиды – это органические вещества, состоящие из трех соединенных друг с другом молекул: азотистого основания, пятиуглеродного сахара (пентозы) и остатка фосфорной кислоты.

Нуклеотиды назвали по именам 4-х типов азотистых оснований, входящих в их состав: *аденин* (А), *гуанин* (Г), *цитозин* (Ц) и *тимин* (Т). Порядок расположения четырех типов нуклеотидов в цепях ДНК очень важен — он определяет порядок аминокислот в белках, то есть их структуру.

Азотистые основания одной из цепей соединены с азотистыми основаниями другой цепи водородными связями согласно принципу комплементарности: аденин соединяется только с тимином, гуанин — только с цитозином.

ДНК является носителем генетической информации, записанной в виде последовательности нуклеотидов с помощью генетического кода. С молекулами ДНК связаны два основополагающих свойства живых организмов — наследственность и изменчивость. В ходе процесса, называемого репликацией ДНК, образуются две копии исходной цепочки, наследуемые дочерними клетками при делении. Таким образом, образовавшиеся клетки оказываются генетически идентичны исходной.

Генетическая информация реализуется при экспрессии генов (перенос генетической информации от ДНК через РНК к полипептидам и белкам) в процессах транскрипции (синтеза молекул РНК на матрице ДНК) и трансляции (синтеза белков на матрице РНК).

РНК — нуклеиновые кислоты, линейные полимеры нуклеотидов, в состав которых входят остаток ортофосфорной кислоты, рибоза (в отличие от ДНК, содержащей дезоксирибозу) и азотистые основания — аденин, цитозин, гуанин и урацил (в отличие от ДНК, содержащей вместо урацила тимин). Эти молекулы содержатся в клетках всех живых организмов, а также в некоторых вирусах.

Структура ДНК и РНК представлена на рис. 12.

Клеточные РНК образуются в ходе процесса, называемого транскрипцией, то есть синтеза РНК на матрице ДНК, осуществляемого специальными ферментами — РНК-полимеразами. Затем матричные РНК (мРНК), принимают участие в процессе,

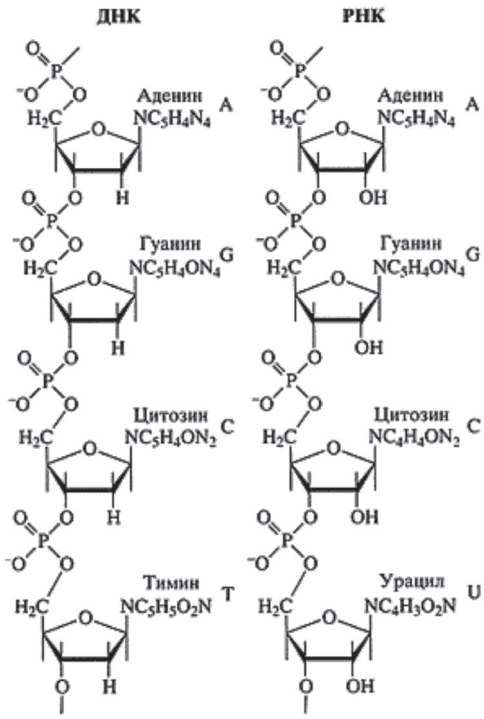


Рис. 12. Структура ДНК и РНК

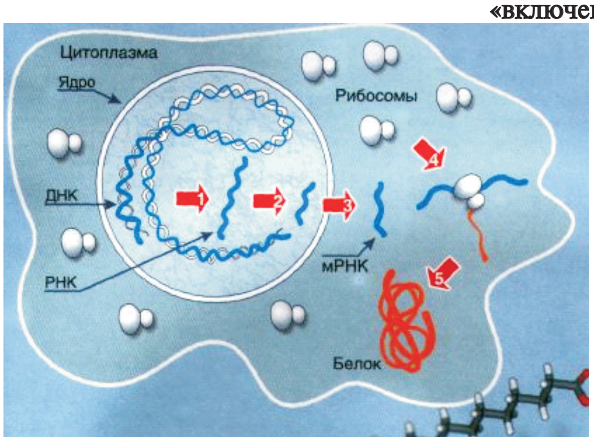


Рис. 13. Схема взаимодействия ДНК-РНК-белок

называемом трансляцией. *Трансляция* — это синтез белка на матрице мРНК при участии рибосом (*рибосома* — внутриклеточная частица, состоящая из РНК и белков). Процесс переведения генетической информации от геномной ДНК в форму РНК с последующим считыванием ее рибосомой, осуществляющей синтез белка, является основным способом реализации генетической информации организма.

По своему химическому составу РНК является двойняшкой, хотя и не полным близнецом, ДНК, основного хранителя генетической информации в живой клетке. Нуклеиновые кислоты представляют собой полимерные макромолекулы, состоящие из отдельных звеньев — нуклеотидов. Скелетом макромолекулы являются молекулы пятиуглеродного сахара, соединенные остатками фосфорной кислоты. К каждой молекуле сахара присоединяется одно азотистое основание. Нуклеотиды, которые различаются между собою только разными азотистыми основаниями, обозначаются буквами A, U, G, C (в РНК) и A, T, G, C (в ДНК).

Молекулы РНК выполняют ключевые функции в ходе биосинтеза белка. При «включении» гена происходит локальное расплетение спирали ДНК. Затем с гена, кодирующего белковую молекулу, синтезируется его РНК-копия. После ряда «превращений» она становится матричной РНК, т. е. матрицей для синтеза белка. После чего мРНК переносится из ядра клетки в цитоплазму, где связывается с рибосомами, на которых и «производится» белок. Он синтезируется из активированных аминокислот, присоединенных к специальным транспортным РНК. Схема взаимодействия ДНК и РНК представлена на рис. 13.

Наследственная информация закодирована в парах нуклеотидов на двойной спирали ДНК. *Ген* – это участок ДНК, кодирующий свойства определенного белка или молекулы РНК и соответствующий какому-либо признаку организма. А полный набор генов называется *геномом*.

Знать код ДНК – значит знать сочетание нуклеотидов, соответствующее каждой аминокислоте. Чтобы закодировать все возможные цифры, буквы и знаки препинания, хватает всего двух символов (точка и тире). Схема соединений нуклеотидов вмолекуле ДНК отображена на рис. 14.

Чтобы закодировать одну аминокислоту, сочетания из трех нуклеотидов вполне достаточно (из 4 нуклеотидов можно создать 64 комбинации, по три нуклеотида в

каждой: 4^3=64). Такое сочетание называется *триплетом* или *кодоном*.

Код ДНК обладает *однозначностью* (один триплет шифрует не более одной аминокислоты) и универсальностью (т.е. для всего живущего и растущего на Земле – бактерий, грибов, злаков, муравья, лягушки, лошади, человека – одни и те же триплеты кодируют одни и те же аминокислоты).

В настоящее время код ДНК расшифрован полностью, т.е. для каждой аминокислоты точно установлены кодирующие ее триплеты. Замена или удаление хотя бы одного нуклеотида в последовательности ДНК приведет к нарушению структуры синтезируемых белков. Белок, считываемый с такого испорченного гена, может привести к серьезным генетическим заболеваниям организма (болезнь Дауна, серповидноклеточная анемия, сахарный диабет, мышечная дистрофия и т.д.). Такая ошибка в информационной матрице ДНК будет повторяться всякий раз при синтезе конкретного белка, подобно тому, как ошибка на типографской матрице, с которой печатается книга или газета, будет повторяться во всех экземплярах данного тиража.

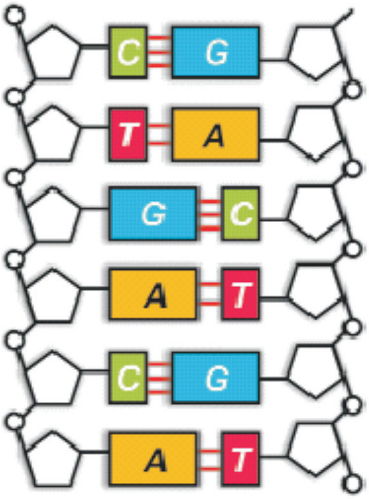


Рис. 14. Схема соединений нуклеотидов в молекуле ДНК

Являясь матрицей для синтеза всех белков, сама молекула ДНК, однако, в процессе синтеза не участвует. Она является лишь носителем генетической информации. При синтезе белка информация о его структуре сначала доставляется из ДНК к молекуле *рибосомы* – своеобразной фабрике по производству белков. Этот перенос информации осуществляется с помощью молекулы *информационной РНК (иРНК)*, которая является точной копией, зеркальным отражением структуры одного участка ДНК.

В процессе переписывания специальный фермент – *полимераза*, двигаясь вдоль ДНК, последовательно считывает ее нуклеотиды и по принципу комплементарности образует цепочку иРНК, как бы снимая с ДНК «чертеж» того или иного гена. С каждого гена можно снять любое число копий РНК.

Таким образом, можно сказать, что в процессе синтеза белка иРНК выполняет роль перфокарты, на которую записана «программа» для построения конкретного белка.

Молекула иРНК с записанной на нее программой направляется к рибосоме, где происходит синтез белка. Туда же направляется поток материала, из которого строится белок — аминокислоты. Аминокислоты попадают в рибосому не самостоятельно, а с помощью подвижных *транспортных РНК* (тРНК). Эти молекулы способны различать среди всего многообразия аминокислот только «свою» аминокислоту, присоединять её к себе и подтаскивать к рибосоме.

По мере сборки белковой молекулы рибосома «ползет» по иРНК и синтезирует белок, запрограммированный на данной иРНК. Чем дальше продвинулась рибосома по иРНК, тем больший отрезок белковой молекулы «собран». На ленте иРНК, как на конвейере, одновременно идет сборка одного и того же белка несколькими рибосомами (см. рис. 4). Когда рибосома достигает конца иРНК, синтез окончен (рис. 15).

Рибосома движется по иРНК не плавно, а прерывисто, «шажками», триплет за триплетом. На каждом шаге к месту контакта рибосомы с иРНК «подплывает» какая-нибудь молекула тРНК с прицепленной к ней аминокислотой.

Как уже было сказано, каждая тРНК способна различать только «свою» аминокислоту и присоединять её для транспортировки к месту построения белка. Это

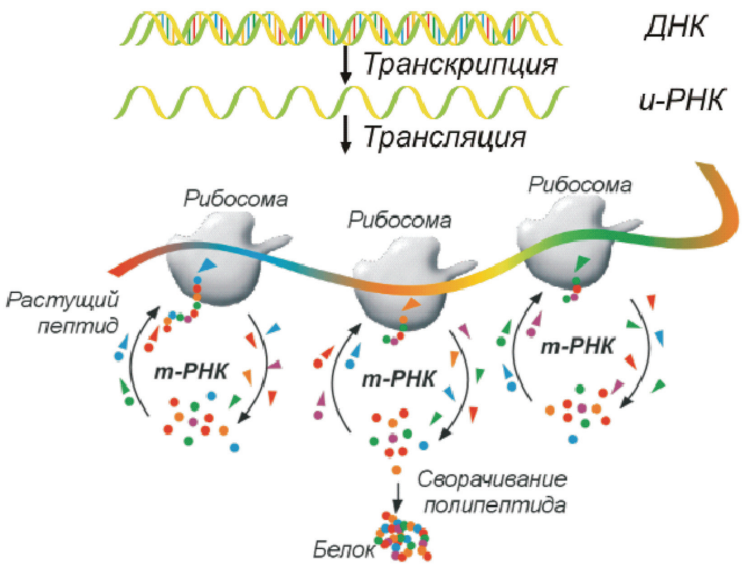


Рис. 15. Процесс синтеза белка рибосомами

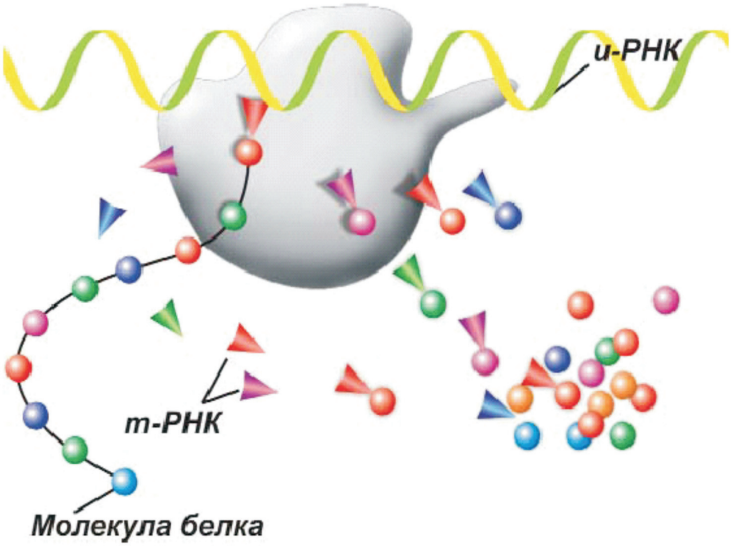


Рис. 16. Рибосома синтезирует белок

происходит благодаря содержащемуся в ней триплету, комплементарному (подходящему) конкретной аминокислоте.

Если кодовый триплет тРНК окажется комплементарным к триплету иРНК, находящемуся в данный момент в рибосоме, то аминокислота отделится от тРНК и присоединится к строящейся цепочке белка. Свободная тРНК затем выбрасывается из рибосомы в окружающую среду. Здесь она захватывает новую молекулу аминокислоты и несет ее в любую из работающих рибосом. А наша рибосома делает следующий «шаг» вперед по иРНК на один триплет. Так постепенно, триплет за триплетом, движется по иРНК рибосома и растет звено за звеном цепь белка.

Пройдя по всей длине иРНК, рибосома с готовым белком «сходит» с неё. Затем белковая молекула направляется к тому участку клетки, где требуется данный вид белка, а рибосома направляется к любой другой иРНК (рибосома способна синтезировать любой белок; характер белка зависит исключительно от матрицы иРНК) (рис. 16).

Таким образом, последовательность нуклеотидов «кодирует» информацию о различных типах РНК: информационных, или матричных (иРНК), рибосомальных (рРНК) и транспортных (тРНК). Все эти типы РНК синтезируются на основе ДНК в процессе транскрипции. Роль их в биосинтезе белков (процессе трансляции) различна. Информационная РНК содержит информацию о последовательности аминокислот в белке, рибосомальные РНК служат основой для рибосом (сложных нуклео-

протеиновых комплексов, основная функция которых — сборка белка из отдельных аминокислот на основе иРНК), транспортные РНК доставляют аминокислоты к месту сборки белков — в активный центр рибосомы, «ползущей» по иРНК.

Схема «ДНК → РНК → белок» с необратимостью процессов передачи информации, обозначаемых стрелками, получила название «центральной догмы молекулярной биологии».

5.2. Наследственная информация

Носителями всей наследственной информации в живых организмах являются молекулы ДНК. Сочетание трех подряд стоящих нуклеотидов в цепи ДНК составляет генетический код. Соответственно последовательность из трех букв, обозначающих тот или иной нуклеотид, представляет собой графическое выражение генетического кода. Чередование различных нуклеотидов позволяет природе создавать огромное количество вариантов генетических кодов, что позволяет таким образом хранить информацию о практически неограниченном количестве различных признаков. За каждый признак «отвечает» свой ген. Получается, что ген (от греческого слова genos — рождение) — элементарная единица наследственности, участок молекулы ДНК, содержащий информацию о первичной структуре одного белка.

Генетическая информация записана в последовательности ДНК сложным образом. ДНК может содержать часть, которая кодирует другие генетические макромолекулы — РНК и белки. Доля кодирующей части ДНК варьируется от организма к организму и у человека составляет менее 2%. Некодирующая часть может содержать регуляторные районы, повторяющиеся участки. Функция некоторых районов ДНК пока неизвестна.

Генетическая информация, записанная в ДНК, реализуется в виде белков, но не непосредственно, а через родственного полимера — рибонуклеиновую кислоту (РНК), и этот путь от нуклеиновых кислот к белкам необратим. Таким образом, ДНК синтезируется на ДНК, обеспечивая собственную редупликацию, то есть воспроизведение исходного генетического материала в поколениях; РНК синтезируется на ДНК, в результате чего происходит переписывание, или транскрипция генетической информации в форму многочисленных копий РНК; молекулы РНК служат матрицами для синтеза белков — генетическая информация транслируется в форму полипептидных цепей.

Переход генетической информации от ДНК к РНК и от РНК к белку является универсальным для всех без исключения клеточных организмов и является основой биосинтеза макромолекул. Современное представление о реализации генетической информации постулирует невозможность передачи информации от белка к ДНК.

Для построения белков в природе используется 20 различных аминокислот. Каждый белок представляет собой цепочку или несколько цепочек аминокислот в строго определённой последовательности. Эта последовательность определяет строение белка, а следовательно, все его биологические свойства. Набор аминокислот также универсален для почти всех живых организмов.

Для кодирования 20 аминокислот, а также сигнала «стоп», означающего конец белковой последовательности, достаточно трёх последовательных нуклеотидов.

Обмен генетической информацией происходит и в природе, но только между особями одного вида. Перенос генов от родителей к потомкам внутри одного вида называется *вертикальным*. Так как возникающие при этом особи, как правило, очень похожи на родителей, в природе генетический аппарат обладает высокой точностью и обеспечивает постоянство каждого вида.

Генная инженерия дает возможность преодолевать межвидовые барьеры и передавать признаки одних организмов другим, осуществляя такие изменения генома, которые вряд ли могли бы возникнуть естественным путем.

Таким образом, генные инженеры делают то, что всегда запрещала природа.

Перенос генов между особями разных видов называется *горизонтальным* (латеральным).

Молекула ДНК, собранная из кусочков ДНК различных организмов, называется *рекомбинантной*. В результате можно заставить клетку синтезировать новые белки, что придает организму новые свойства.

Первые «генные операции» такого рода эффективно проводились уже более 4,5 миллиардов лет назад главным «генным инженером» – Природой. Речь идет о прокариотах – первых живых существах, населявших нашу планету еще со времен Архейской эры. Прокариоты размножаются простым делением, при котором каждая дочерняя клетка получает «в наследство» точную копию родительской ДНК. Откуда же возникло такое разнообразие в среде самих простейших и как могли появиться другие организмы? Одна из наиболее очевидных причин генетической изменчивости – это мутации, являющиеся по выражению Дарвина, двигателем эволюции.

Мутации – скачкообразные изменения генетического кода клетки, приводящие к появлению новых признаков. Если потомки измененной особи имеют некоторое преимущество перед обычными, например, большую жизнеспособность или повышенную скорость роста, они постепенно накапливаются и вытесняют исходных особей.

Различают мутации *спонтанные* (причины их возникновения неизвестны) и *индуцированные*. Индуцировать мутации могут различные факторы, действующие на генетический материал клетки: физические, химические или биологические.

Фактор, который привел к мутации, считается *мутагеном*. В зависимости от природы внешние мутагены делят на физические, химические и биологические: ионизирующее, ультрафиолетовое, рентгеновское излучение, соли тяжелых металлов, полимеры, вирусы и т.д. Изменения в генах, возникающие без видимой причины, называются спонтанными. Это означает, что даже у здоровых людей не исключено появление половых клеток, содержащих мутантные гены. Генетические изменения могут проявляться внешне или быть скрытыми, а потом незаметно передаваться в другое поколение.

Мутация может стать причиной заболевания, которое в этом случае называется наследственным. В настоящее время известно более 5000 генетически обусловленных заболеваний и по статистике около 5% детей рождаются с тем или иным генетическим дефектом. Предотвратить появление наследственных болезней призвано медико-генетическое консультирование. Актуальность его в последние годы во многом связана с достижениями медицинской генетики. В настоящее время они позволяют не только предупреждать рождение больного ребенка в семье с наследственной патологией, но проводить генную терапию — лечение самых разнообразных, в том числе наследственных, болезней с помощью введения больному нормальных генов, играющих ключевую роль в развитии соответствующих заболеваний.

В ходе эволюции прокариоты выработали способы защиты своего генетического материала от повреждающего действия облучения, химических веществ и других мутагенов. В их клетках обнаружены эффективные системы ремонта поврежденных участков ДНК. Если бы таких механизмов не было, то организм бы переродился и вымер как вид.

Основной механизм восстановления ДНК – это «вырезание» повреждений, так называемая *рестрикция*. Ее осуществляют ферменты *эндонуклеазы*, расщепляющие нить ДНК. Такой способ помогает только если повреждена только одна цепочка молекулы. Тогда поврежденный участок вырезается, а образовавшаяся брешь заполняется комплементарными нуклеотидами с использованием в качестве матрицы-шаблона неповрежденной нити ДНК. Таким образом, многие случайные мутации попросту вырезаются.

Однако когда повреждение касается обеих нитей, тот же самый механизм восстановления превращается в орудие самоубийства: эндонуклеазы распознают поврежденный участок и разрывают в его месте обе нити ДНК. Кстати говоря, то же самое происходит и в клетках многоклеточных организмов в случае фатального поврежде-

ния хромосом. Такое генетически запрограммированное самоубийство биологи называют *апоптозом*. Оно сохраняет «чистоту генов» и предохраняет вид от деградации. Можно сказать, что клетка руководствуется своеобразным «клеточным самурайским законом» – «лучше умереть, чем ошибиться».

Однако присущий всем живых существам инстинкт самосохранения порой все же берет верх, и клетке-мутанту удается «обмануть» убийственную рестрикцию путем модификации ДНК – метилированием или введением дополнительных пар нуклеотидов. Уцелевшая клетка приобретает новые свойства и если они оказываются выгодными, дает начало новому виду существ.

Итак, огромное разнообразие организмов объясняется мутациями. Но, как оказалось, тому есть и другие причины. С развитием генетики ученые обнаружили, что для прокариот характерен путь горизонтального переноса генов между различными особями. Молекулярно-генетический анализ показал, что геномы прокариот представляют собой мозаику генов, приобретенных у разных видов. Объяснить возникновение такой мозаики может только горизонтальный перенос генов.

Горизонтальный перенос генов у прокариот – это не просто лабораторный артефакт или результат генной инженерии, а распространенное природное явление.

Хромосомы

ДНК, в которой заключена наследственная информация организма, входит в состав хромосом, являющихся структурными элементами ядра клетки. В хромосомах в линейном порядке расположены гены. Участок хромосомы, в котором локализирован ген, называется *локусом*. Каждая хромосома имеет специфическую форму и размер, что строго определено и специфично для каждого вида животного мира. Индивидуальный набор хромосом, который содержится в соматических (не половых) клетках организма, является *кариотипом*.

Функции молекул ДНК связаны не только с хранением, но и с передачей генетической информации. Эта информация способна копироваться в процессе синтеза молекул ДНК в клетке. Принцип удвоения ДНК называется полуконсервативным, поскольку каждая из двух нитей молекулы, входящей в спираль, служит основой (матрицей) для синтеза новой нити. В результате на основе одной двухцепочечной молекулы появляются две одинаковые двухцепочечные молекулы, в каждой из которых одна цепочка является старой, а другая — вновь синтезированной. В норме ДНК точно воспроизводится при делении клеток, что обеспечивает в ряду поколений клеток и организмов передачу наследственных признаков и типа обмена веществ. Таким образом, *наследственность — это свойство организмов повторять в ряду поколений сходные признаки и свойства путем передачи наследственных факторов:*

особенностей строения;
типов обмена веществ;
психологических особенностей;
типов индивидуального развития.

Две идущие рядом нити, скрепленные одна с другой перемычками и свившиеся в двойную спираль по длине совершенно одинаковы, в каждой в зависимости от вида ДНК могут быть сотни тысяч и даже миллионы блоков-нуклеотидов. Причем порядок в цепочке абсолютный и именно он, порядок чередования нуклеотидов, и определяет ту наследственную информацию, которая записана в ДНК и вместе с ней передается из поколения в поколение. По информации, записанной в ДНК, в частности в клетке, будут подбираться и соединяться в сложнейшую конструкцию блоки белковых молекул. И по этому удивительному молекулярному «чертежу», именуемому двойной спиралью ДНК, строится весь организм.

Каждая клетка тела человека содержит в точности 46 хромосом. Хромосомы всегда парны. В клетке всегда имеется по 2 хромосомы каждого вида, пары отличаются друг от друга по длине, форме и наличию утолщений или перетяжек. 23 молекулы

ДНК (хромосомы) образуют полный наследственный «чертеж» человека, из которых 44 хромосомы (22 пары) — это аутосомы, а последняя пара — половые хромосомы (определяют пол человека). В отличие от половых хромосом, аутосома всегда морфологически идентична своей парной хромосоме. Половые хромосомы бывают X и Y. Половые хромосомы женского организма (XX) одинаковы и определяют женский пол. Половые хромосомы мужского организма разные (XУ), но именно такой набор определяет мужской пол. Соответственно женский кариотип обозначается 46XX, а мужской — 46XУ.

Хромосома — самовоспроизводящийся структурный элемент ядра клетки, содержащий ДНК, в которой заключена генетическая (наследственная) информация. Половые хромосомы — хромосомы, по которым мужской пол отличается от женского. Половые хромосомы женского организма все одинаковы (XX) и определяют женский пол. Половые хромосомы мужского организма разные (XY), где большая по размеру X-хромосома определяет женский пол, а Y-хромосома — мужской пол.

Ученые составили карты всех хромосом человека. В мае 2006 г. была составлена карта последней хромосомы человека. Хромосома 1 содержит почти в два раза больше генов, чем обычная хромосома и составляет 8% генетического кода человека. Это самая крупная хромосома стала последней из 23 хромосом человека, расшифрованной в рамках проекта «Геном человека». В данной хромосоме содержится 3141 ген, в том числе те, которые связаны с такими заболеваниями, как рак, болезни Альцгеймера и Паркинсона. Данное достижение закрыло важный этап проекта «Геном человека».

Изменение числа хромосом в кариотипе человека может привести к различным заболеваниям. Наиболее частым хромосомным заболеванием у человека является синдром Дауна, обусловленный трисомией (к паре нормальных хромосом прибавляется еще одна такая же, лишняя) по 21-й хромосоме. Встречается этот синдром с частотой 1-2 на 1000. Нередко трисомия по 21 паре хромосом является причиной гибели плода, однако иногда люди с синдромом Дауна доживают до значительного возраста, хотя в целом продолжительность их жизни сокращена. Известны трисомии по 13-й хромосоме — Синдром Патау, а также по 18-й хромосоме — синдром Эдвардса, при которых жизнеспособность новорожденных резко снижена. Они гибнут в первые месяцы жизни из-за множественных пороков развития.

Вероятность того, что в течение жизни одной клетки человека произойдет мутация, составляет примерно 10^{-5}. К настоящему времени у человека найдены мутации в тысячах генов; многие из них вызывают тяжёлые болезни. Особенно велика вероятность появления мутаций на вредных предприятиях, увеличивается и опасность появления злокачественных опухолей из-за веществ, с которыми человек постоянно сталкивается в быту.

25% всех заболеваний человека являются наследственными. Наследственные болезни развиваются вследствие повреждений (мутаций) генов или хромосом. Необходимо сразу подчеркнуть, что наследуются не болезни, а хромосомы и гены.

Основные закономерности наследования признаков родителей их потомками в условиях полового размножения были установлены Г. Менделем в 1866 г. в опытах при скрещивании гороха, а также мушек дрозофил. При анализе передачи генов оказалось, что признаки или особенности, имеющиеся у родителей, могут наследоваться: всеми потомками; только девочками или мальчиками; передаваться через поколение; проявляться через несколько поколений. Поэтому в генетику было введено два понятия: *генотип* и *фенотип*. *Генотип* — это совокупность всего генетического материала организма, а *фенотип* — совокупность наследуемых признаков. Потомство получает свой генотип в результате объединения генетического материала, содержащегося в яйцеклетке и сперматозоиде.

Наряду с наследственностью все живые организмы обладают также свойством, которое обозначают термином «изменчивость». Изменчивость — это способность организма приобретать новые состояния генотипа и фенотипа. Под влиянием различных факторов среды признак может измениться, но при этом не будет отмечаться

нарушения генетического материала. Такой процесс, который не наследуется, называется фенотипической изменчивостью. От поколения к поколению передается только генетическая изменчивость[30].

Суть генной инженерии заключается в том, что в генотип организма встраиваются или исключаются отдельные гены или их группы. Для этого используют метод получения рекомбинантных, т. е. содержащих чужеродный ген, ДНК, которые затем вводятся в организм реципиента и становятся составной частью его генетического аппарата. Этот процесс состоит из нескольких этапов:

1. Чтобы выделить тот или иной ген из цепочки ДНК, используется *рестрикция* – разрезание ДНК на фрагменты ферментами-рестриктазами. Они попросту «шинкуют» ДНК: режут на отрезки, но не как попало, а в определенных местах. Всякая рестриктаза может опознать лишь одну стандартную последовательность из нескольких нуклеотидов. Молекулы рестриктазы химически связываются с ними и в этих местах рвут цепь ДНК. В настоящее время известно более 400 рестриктаз, способных расщеплять ДНК по 120 различным последовательностям нуклеотидов.

2. *Лигирование* – процесс «сшивания» генов с помощью особых ферментов, называемых лигазами. Лигазы сшивают участки ДНК, образовывая между их крайними нуклеотидами химическую связь.

3. После того как рекомбинантная ДНК сшита, ее вводят в живые клетки. Этот процесс называется *трансформацией*.

Для того, чтобы рекомбинантная ДНК стала частью генетического аппарата клетки, она должна либо встроиться в ее геном и реплицироваться за ее счет, либо быть способной к автономной репликации. Для этого используют *векторы* – мобильные генетические элементы: вирусы, плазмиды и транспозоны. Эти элементы могут присоединять те или иные гены к своей ДНК, а затем, оказавшись в клетке-хозяине, встраиваться вместе с «оторванным» чужеродным геном в хромосому хозяина, которая потом реплицируется уже вместе со всей этой новой последовательностью. Таковы общие принципы искусственного конструирования молекул ДНК.

Примеры практического применения генной инженерии

Получение инсулина

Инсулин – гормон поджелудочной железы, регулирующий углеводный обмен и уровень сахара в крови. Его недостаток в организме приводит к тяжелейшему заболеванию – сахарному диабету, самой распространенной форме заболеваний эндокринной системы. Самая тяжелая форма диабета, для лечения которой больному необходим инсулин, вызвана гибелью клеток, синтезирующих этот гормон.

Раньше инсулин могли выделять только из поджелудочной железы телят и свиней. Для получения 100 г кристаллического инсулина требовалось 800-1000 кг исходного сырья. Однако с развитием генно-инженерных методов в 1978 г. был получен штамм бактерий *E. coli* (кишечной палочки), способных продуцировать инсулин. В ДНК бактерии был встроен человеческий ген, отвечающий за его синтез. Теперь почти весь инсулин в мире производят трансгенные бактерии.

Получение соматотропина

За синтез *соматотропина* (гормона роста человека) отвечает передняя доля гипофиза. Его недостаток приводит к гипофизарному нанизму – карликовости (в среднем 1 случай на 5000 человек). Пригодный для лечения людей соматотропин можно выделить лишь из гипофиза человека, поэтому раньше его получали из трупов, но в ничтожных количествах: гормона хватало лишь для лечения 1/3 случаев карликовости, и то лишь в развитых странах. Препарат, выделяемый из трупов, имеет некоторые специфические особенности, приводящие к тому, что у 30% больных, получавших препарат, против гормона вырабатывались антитела, что сводило на нет его биологическую активность.

Сейчас гормон роста синтезируют с помощью специально сконструированных бактерий *E. coli*. Впервые такую бактерию удалось получить в 1979 году.

Получение интерферонов

В 1957 году в Национальном институте медицинских исследований в Лондоне было установлено, что клетки человека и животных, подвергнутые воздействию вируса, выделяют вещества, придающие непораженным клеткам устойчивость к вирусной инфекции. Они как бы препятствуют (интерферируют) размножению вирусов в клетке и поэтому были названы *интерферонами*. Интерфероны помогают нашему организму бороться со множеством вирусных заболеваний.

Препараты на основе различных видов интерферонов используются как иммуномодуляторы – для нормализации и усиления иммунной системы, в т. ч. для лечения различных тяжелых заболеваний – острого вирусного гепатита, рассеянного склероза, остеосаркомы, миеломы и некоторых видов лимфом. Их применяют и для лечения меланом, ряда опухолей гортани, легких и мозга.

Традиционно интерфероны извлекали из крови человека. Из 1 л крови можно выделить всего 1 мкг интерферона, то есть примерно одну дозу для инъекции. На современном этапе интерфероны получают с помощью генетически модифицированных микроорганизмов. Удалось получить штаммы бактерий, способные синтезировать до 5 мг интерферона на литр бактериальной суспензии, содержащей примерно 10^{11} бактерий, что заменяет кровь 25 000 доноров.

Трансгенные животные

Применение методов генной инженерии в животноводстве позволяет повышать продуктивность животных (например, удои молока), сопротивляемость их организма к болезням и т. д. Животных, имеющих в своем геноме чужой ген, принято называть *трансгенными*. Благодаря переносу генов у трансгенных животных возникают новые качества, а дальнейшая селекция позволяет закрепить их в потомстве и создавать трансгенные линии.

Так, были получены *животные-биореакторы*, способные выделять ценные биологические вещества. Например, в России группой ученых под руководством Л. К. Эрнста была выведена трансгенная овечка, которая с молоком выделяет химозин – фермент, используемый в производстве сыра.

Не так давно для сыроваренной промышленности требовалось огромное количество желудков телят. В последние несколько десятков лет практически все сыроделы пользуются химозином, полученным методом микробиологического синтеза из культур бактерий и микроскопических грибков. Очевидно, что такое получение химозина не только гуманнее, но и выгоднее традиционных способов, требующих убийства сотни телят. Всего из 3 л молока трансгенной овцы можно получить достаточно химозина для производства тонны сыра – и при этом не тратиться ни на работу ферментера, ни на выделение из культуральной жидкости нужного фермента и его очистку.

Другой пример – трансгенная корова, которая выделяет с молоком лекарственный препарат эритропоэтин, применяемый в терапии лейкозов. Ведутся исследования по получению многих других лекарств из молока животных. Применяемые для этого биотехнологические методы с использованием бактерий дороги и сложны. А трансгенные животные быстро размножаются и выход полезных веществ с их молоком превосходит таковой у бактерий.

Другая важная задача – выведение животных, устойчивых к заболеваниям. Потери в животноводстве, вызванные болезнями, велики, но уже созданы популяции трансгенных коров и кур, устойчивых к некоторым паразитам.

Трансгенные растения

Тысячи лет люди выводят новые сорта растений путем отбора экземпляров с новыми свойствами, полученными в результате случайных мутаций. С начала XX века стали целенаправленно применять облучение и химические мутагены, слияния соматических клеток и т. д., а скрещивание и отбор стали проводить с учетом законов Менделя. При этих традиционных методах изменения непредсказуемы и обычно затрагивают многие гены.

Генная инженерия позволяет вводить в растения гены устойчивости к различным стрессовым факторам, фитопатогенам, гербицидам и пестицидам, гены скороспелости, фиксации азота и др. Возможно также и улучшение аминокислотного состава белков растений.

Наибольший урон растениям наносят грибные, бактериальные и вирусные инфекции. В природе растения обладают защитными механизмами, которые начинают действовать в ответ на проникновение фитопатогенов в клетку. Во-первых, начинается синтез веществ, убивающих патогены. Во-вторых, создаются барьеры, препятствующие распространению инфекции.

Применение методов генной инженерии, использующих естественные защитные механизмы, позволяет получать трансгенные растения, устойчивые к грибной, бактериальной и вирусной инфекции. В частности, были получены трансгенные культуры табака и турнепса, в состав генома которых ввели ген хитиназы, а также томаты с геном защитных пептидов редьки, отвечающих за устойчивость к фитопатогенным грибам.

Другой подход к получению растений, устойчивых к вирусной инфекции, состоит во введении в геном исходных растений генов, кодирующих белок оболочки вируса. Это приводит к блокировке размножения вируса и снижению инфицированности. Благодаря такому подходу был получен стойкий антивирусный эффект у табака, модифицированного геном оболочки вируса табачной мозаики.

Интересный эффект дало введение в геном растений гена человеческого интерферона JFN – одного из ключевых белков нашего иммунитета. Ген этого интерферона был введен в растения турнепса, табака, картофеля, что повысило устойчивость этих растений к вирусным заболеваниям.

Генноинженерные методы позволяют создавать новые генотипы и, следовательно, новые формы растений гораздо быстрее, чем классические методы селекции. Кроме того, появляется возможность целенаправленного изменения генотипа.

Создание трансгенных растений, устойчивых к насекомым, с помощью методов генной инженерии стало возможным после того, как было обнаружено, что почвенные бактерии *Bacillus thurengiensis* синтезируют специфический белок, токсичный для насекомых. Ген, ответственный за его синтез, удалось выделить и ввести в геном многих видов сельскохозяйственных растений.

Для человека и животных этот белок безопасен и даже на насекомых разные его варианты действуют по-разному. Различные модификации Bt-токсина могут быть ядовитыми только для жуков, или только для бабочек определенного отряда, и т. д.

В природе растения приспосабливаются к неблагоприятным условиям среды различными способами. Во-первых, это физиологические механизмы, позволяющие растениям избежать неблагоприятных воздействий (например, опадание листвы осенью при снижении температуры). Во-вторых, адаптация с помощью морфологических приспособлений: толстый слой кутикулы на листьях, уменьшение листовой поверхности (прорези), ее опушение, которые предотвращают излишнюю потерю влаги растениями. В-третьих, негативное влияние внешней среды может быть преодолено с помощью изменений метаболизма. Например, при засухе или чрезмерной концентрации солей в почве и воде у высших растений основным защитным механизмом, связанным с изменением метаболизма, является накопление в клетках осмопротекторов.

Именно этот адаптационный механизм наиболее доступен для генноинженерных исследований. Эксперимент показал, что *стрессовый ответ* на избыток солей или недостаток влаги у бактерий и высших растений выражается сходно: и те, и другие начинают усиленно синтезировать белки-осмопротекторы для восстановления осмотического баланса между цитоплазмой и окружающей средой. Поэтому для создания устойчивых к засухе и засолению растений в их геном были введены соответствующие бактериальные гены. Полученные трансгенные растения могли расти в засушливой почве при концентрации соли в среде 20 г/л.

Адаптация к низким температурам сопряжена у бактерий и высших растений с накоплением веществ, понижающих осмотический потенциал клеток и уменьшающих вероятность образования крупных кристаллов льда, способных вызвать их гибель просто из-за разрушения клеточной оболочки. Вот почему случайные заморозки способны уничтожить большинство сельскохозяйственных культур.

Чтобы не допустить образования льда в клетках, уже давно применяется заражение растений мутантным штаммом бактерии *Pseudomonas syringae*. Полученные таким образом растения легко переносят заморозки вплоть до −8°С.

Однако оказалось, что бактерии мутантного штамма более живучи и могут вытеснить природный штамм этих бактерий, который, попадая в верхние слои атмосферы, способствует кристаллизации атмосферной влаги. Вероятно, вытеснение природного штамма могло бы привести к изменению климата и экологической катастрофе.

ГМ–продукты: за и против

Поскольку с открытием метода генной инженерии человечество приблизилось к небывалой возможности создавать новые виды растений и животных, то естественно, что у биотехнологий, как у любого развивающегося научного направления, появились не только свои защитники, но и враги, в т. ч. и в среде ученых.

Первые убедительно доказывают, что ГМ-растения не только безвредны, но и полезны. Такие растения обладают повышенным содержанием питательных веществ (в особенности белка), необычной стойкостью ко многим видам заболеваний и вредителей и губительным факторам окружающей среды. Все это позволяет, во-первых, значительно повысить урожайность, не привлекая для этого дополнительные гектары земли, что очень важно, учитывая рост народонаселения Земли.

Во-вторых, использование ГМ-растений позволяет резко снизить необходимость внесения токсичных химических инсектицидов и гербицидов, что в свою очередь значительно снизит уровень загрязнения сточных вод, отравляющих и живую природу, и людей.

В связи с этим существует мнение, что протесты в отношении ГМ-растений организуются и поддерживаются производителями удобрений и ядохимикатов, которым широкое использование ГМ-растений грозит убытками. В пользу такого мнения выступили 15 тысяч ученых (в т. ч. 20 нобелевских лауреатов), поставивших свою подпись под утверждением, что ГМ-растения безвредны для здоровья.

В частности, по словам Константина Скрябина – академика Российской академии сельскохозяйственных наук, «за всю 30-летнюю историю развития биотехнологии не зарегистрировано ни одного случая, доказывающего, что ГМ-продукты опасны для здоровья». США являются безусловным лидером по производству и потреблению ГМ-продуктов. При этом в стране, где любимым способом внезапного обогащения являются суды по любому поводу, не было подано ни одного иска к компаниям, производящим ГМО.

Непоправимый ущерб окружающей среде, о котором любят говорить «зеленые», также весьма неоднозначен. Достаточно сказать, что после внедрения ГМ-растений США впервые вышли на уровень 1920-х годов по использованию токсичных пестицидов.

Главное обвинение противников ГМ-продукции заключается в том, что посколь-

ку долгосрочные исследования безопасности ГМ-продуктов нигде и никем не проводились, нет уверенности в том, что их вред для здоровья человека не проявится через много лет. По данным санитарных служб Голландии, Швейцарии, Дании и специалистов Медицинского Совета Великобритании употребление нового вида кукурузы, в которой в 2-3 раза повышено содержание белка, может со временем необратимо изменить иммунную систему людей, спровоцировать онкологические и нервные заболевания.

Опасность масштабного применения ГМ-растений связывают и с вытеснением ими других растений, что ведет к значительному сокращению биологического разнообразия. Еще одна причина связана с нарушением трофических цепочек: появление ГМ-растений, устойчивых к насекомым, становится причиной исчезновения сначала многих видов насекомых; потом птиц и мелких млекопитающих, питающихся насекомыми, затем и крупных млекопитающих, употребляющих в пищу мелких животных. Но особую опасность представляет третья причина: вероятность встраивания «чужих» генов в геномы других организмов в результате горизонтального переноса генов. Однако у сторонников трансгенных растений есть аргументы и против этих опасений.

Похоже, человечеству в ближайшее время предстоит ответить на непростой вопрос, какое из двух зол меньше – химикаты или генная инженерия? Или, может, следует найти некую «золотую середину»?

Развитие науки никогда не протекало плавно и внедрение любой новой технологии сопряжено с ошибками.

5.3. Проект «Геном человека»

Недавно завершился грандиознейший за всю историю генной инженерии проект, объединивший усилия нескольких тысяч ученых из разных стран – расшифровка генома человека. Это был один из самых дорогостоящих научных проектов в истории цивилизации – на него было потрачено более 2,7 миллиардов долларов.

Цель проекта заключалась в создании подробной карты человеческого генома, включающей определение всех его генов, их функций и взаимодействий в норме и при нарушениях, приводящих к болезням. Он длился 12 лет и полностью завершился к 2001 году. Результатом явились почти три миллиарда букв генетического кода человека, приведенные к строгой системе.

Был идентифицирован 29 181 ген. И сейчас расшифрованный код доступен в сети Интернет.

Что такое карта генома? Грубо говоря, это линейная схема расположения генов в хромосомах с указанием относительных расстояний между ними

Карты генома, подобно географическим, можно строить с различной степенью детализации. Последняя зависит от точности метода анализа. Первые генетические карты давали лишь общее представление о структуре ДНК. В них расстояние между генами – мельчайшими «различимыми на местности объектами» – составляло порядка 7-10 килобаз. Килобаза — единица измерения длины молекулы ДНК, равная тысяче пар оснований (нуклеотидов).

Существует всего четыре вида оснований и, соответственно, четыре вида их пар. Как известно из информатики, объект, имеющий 4 состояния, несет в себе 2 бита информации. Значит, 1 байт = 8 битам = 4 парам оснований. Получается, что одна килобаза соответствует 250 байтам, а во всей ДНК человека заключено около 750 Мб информации (что соответствует емкости одного компакт-диска).

В наше время достигнута максимально возможная степень детализации – с точностью до пары нуклеотидов. Современная генетическая карта представляет собой полную последовательность нуклеотидов с указанием, где кончается один ген и начинается следующий.

В основе расшифровки генома лежит сложный процесс, называемый *секвенированием* (от англ. sequence – последовательность). Он базируется на механизме «разрезания» ДНК посредством рестриктаз. Это так называемые методы «первого поколения». Однако в процессе реализации проекта «Геном человека» было разработано множество других, более мощных методов.

Когда в 1988 г. один из первооткрывателей знаменитой двойной спирали ДНК Дж. Уотсон публично заявил, что наука вплотную приблизилась к раскрытию химической основы человеческой ДНК, к его словам отнеслись довольно скептически. К тому времени уже было известно, что геном человека насчитывает около 3 млрд. пар нуклеотидов и эта величина казалась необозримо большой, ведь тогда расшифровка одного гена занимала годы кропотливой работы целой лаборатории, а в среде генетиков, по аналогии с правилом «один ген – один белок», бытовало выражение «один ген – одна карьера». Поэтому сама мысль о возможности получения такого объема информации представлялась совершенно фантастической. Критики Уотсона считали, что решение предложенной им задачи малореально в научном отношении, поскольку для него потребовалось бы как минимум 30–40 тысяч лет.

Стремительное развитие науки и техники позволило расшифровать 99% человеческого генома всего за 12 лет. На рис. 17 изображен график, иллюстрирующий динамику процесса секвенирования ДНК по годам.

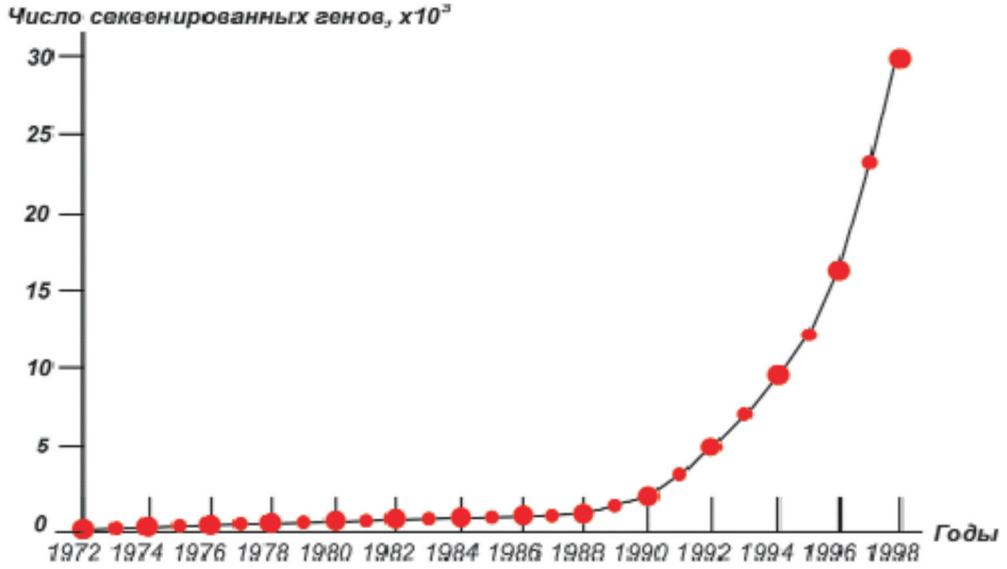


Рис. 17. Нарастание числа секвенированных генов человека по годам

Если такие тенденции сохранятся и дальше, то, возможно, через несколько лет родители каждого новорожденного младенца смогут получать его индивидуальный генетический «паспорт» прямо в роддоме.

Одной из причин столь поразительного прогресса науки явилось, в первую очередь, развитие информационных технологий. Специально разработанные программы для анализа распределения нуклеотидов в ДНК позволили достигнуть феноменально быстрой расшифровки большинства «слов» текста нашей «книги жизни».

Функции генов

Развитие генной инженерии помимо практического применения имеет еще и большое научное значение. Благодаря успехам в этой области удалось впервые оценить функции генов в организме.

На рис. 18 представлено примерное распределение функций генов человека.

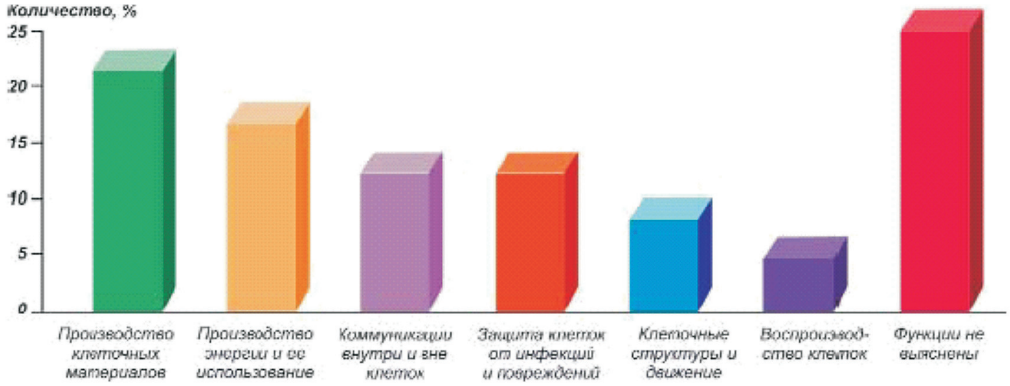


Рис. 18. Примерное распределение генов человека по их функциям

Получена интересная информация о количестве генов, отвечающих за образование и работу отдельных органов и тканей человеческого тела (рис. 19). Оказалось, что больше всего генов предназначено для формирования и поддержания активности мозга (3195), а меньше всего – для создания эритроцитов (8).



Рис. 19. Количество генов, вовлеченных в развитие и функционирование органов и тканей человека

Генетическая общность человека и других биологических видов

Помимо человека, к настоящему времени полностью секвенированы геномы более 600 видов живых организмов. При этом оказалось, что количество генов и длина ДНК у разных видов заметно различаются. Если в хромосомах человека содержится около 750 Мб информации, то, например, у бактерии *Mycoplasma genitalium* – всего 145 Кб, у бактерии

кишечной палочки *Escherichia coli* – 1 Мб, у плодовой мушки дрозофилы – 30 Мб, а у лабораторной мышки почти 750 Мб. То есть, с точки зрения объема наследственной информации, человек мало чем отличается от мыши. Более того, результаты расшифровки генома грызуна показали, что у нас совпадают до 80% генов, а 99% можно назвать очень похожими.

Куриный геном в три раза короче генома человека (около 250 Мб). Однако при этом у человека и курицы обнаружено около 60% общих генов.

Размер генома знаменитой рыбы фугу равен 91 Мб, что составляет всего около 12% от генома человека. Число же генов у этих двух организмов почти одинаково и примерно равно 31 000, а число общих генов у фугу и человека достигает 75%.

Этот феномен объясняется тем, что наша ДНК состоит, строго говоря, не только из генов. Ген – это участок ДНК, кодирующий молекулярную структуру определенного белка. Иначе говоря, это отрезок, на котором, как в файле, записана информация о последовательности аминокислот в белке.

Но далеко не все сочетания нуклеотидов несут смысловую нагрузку, кодируя конкретные белки. Подавляющее большинство нуклеотидных последовательностей в ДНК – так называемые *интроны*, не кодирующие ничего, и вроде бы, не несущие никаких функций. Для них придумали даже такое обозначение, как «*джанк-ДНК*» (от англ. junk – хлам, мусор). Конечно, о ненужности таких участков не может быть и речи: они хоть и не кодируют белков, но выполняют свои специфические – как правило, регуляторные функции.

Необычный же геном рыбы фугу состоит сплошь из «смысловых» генов, кодирующих конкретные белки. Эти гены расположены в геноме фугу в непосредственной близости один к другому и поэтому могут быть легко идентифицированы. Вот почему геном фугу служит удобной моделью для генетического анализа.

Протовирусы

При расшифровке ДНК было обнаружено, что помимо собственного генетического материала в геноме человека присутствует большое число геномов вирусов, которые когда-то давно попали в него и там остались. Эти «молекулярные останки» были названы *протовирусами*.

Мы очень мало знаем об их биологической роли, но удивительно и крайне интересно то, что у обезьян эндогенных вирусов намного меньше или нет вообще. Получается, что по чужеродным элементам генома человек от обезьян отличается гораздо сильнее, чем по самим генам. Это дало основание одному из известных исследователей генома академику Е. Д. Свердлову высказать мысль о том, что вирусы могли сыграть важную роль в «очеловечивании» обезьяны.

По словам некоторых ученых, эти «спящие» вирусы могут в любую минуту «проснуться» и принести смертоносные эпидемии. В частности, существует гипотеза, что ВИЧ всегда жил в нас, а потом мутировал и приобрел патогенные свойства, которыми изначально не обладал. То же самое, как предполагают некоторые ученые, происходило и с вирусами бубонной чумы, холеры, тифа, гриппа.

Упаковка ДНК в хромосому

Молекулярную основу генома составляет молекула ДНК – знаменитая «нить жизни», состоящая у человека, из более чем 3 млрд. пар нуклеотидов, соединенных между собой в длинные нити. Установлено, что длина одной молекулы ДНК в человеческой клетке составляет около 2 метров. ДНК содержится в хромосоме, а каждая клетка человека содержит 23 пары хромосом. Если учесть, что тело взрослого человека состоит из примерно 50 триллионов клеток ($5 \cdot 10^{13}$), то общая длина всех молекул ДНК в организме – около 10^{11} км, что в тысячи раз превышает расстояние от Земли до Солнца.

Каким же образом такие длинные молекулы могут умещаться в маленьком ядре клетки? Это возможно, во-первых, благодаря тому, что поперечные размеры молекулы ДНК составляют всего 2 нм, а во-вторых, благодаря удивительно точному механизму упаковки ДНК.

ДНК в хромосомах чрезвычайно хитроумно уложена в комплексе со специальными ядерными белками, которые называются *гистонами*. На рис. 20 изображена приблизительная схема упаковки ДНК.

Достойна восхищения и плотность записи данных в ДНК: всего в 8 кубических микронах этой удивительной молекулы содержится 750 Мб генетической информации. Возможно, в будущем биомолекулярная память на основе ДНК позволит хранить в объеме современной «флэшки» 250 миллиардов гигабайт.

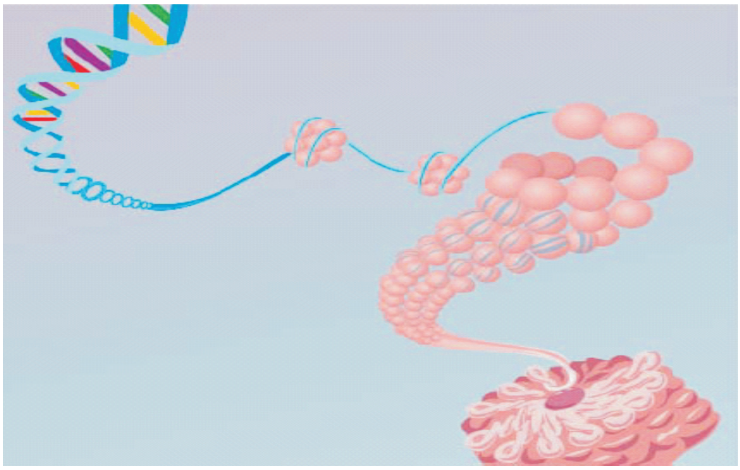


Рис. 20. Схема укладки молекул ДНК в хромосомах

Практическое значение результатов проекта «Геном человека»

Проект «Геном человека» начат в 1990 г. Первая (черновая) версия последовательности нуклеотидов была закончена в 2000 г. Конечная версия, которая больше не будет совершенствоваться (названная «Build 35»), — закончена в 2004 г. Число генов у человека составляет 20.000-25.000, что немного меньше, чем предсказывалось раньше (от 30.000 до 40.000 генов). Последняя версия последовательности содержит 2,85 млрд. пар нуклеотидов с 341 брешью, т.е. в этих местах по каким-то причинам секвентировать геномную ДНК не удалось. Аккуратность секвенса в конечной версии — 1 ошибка на 100 тыс. позиций подряд. Еще точнее секвентировать весь геном уже никто не будет.

Наиболее значимое научное достижение последних лет — это картирование генома человека, в результате чего созданы атлас последовательности нуклеотидов геномной ДНК человека (референтная последовательность) и базы данных:

о последовательности нуклеотидов транскрибируемых участков ДНК;

о положении и содержании отличий (полиморфизмов, т.е. нуклеотидных замен) других известных последовательностей ДНК человека от референтной последовательности.

Отдельный ген занимает конкретное место (локус) в цепочке ДНК в хромосоме и всегда находится в хромосомах определенного типа. Гены представляют индивидуальные коды для формирования белков в организме. Первоначальная теория о том, что один ген отвечает за синтез одного белка, была признана неверной. Один ген может отвечать за синтез ряда белков.

Зная последовательность почти трех миллиардов нуклеотидов, исследователи получили возможность выяснить причины многих заболеваний, имеющих генетическую причину. Только одна часть работы – расшифровка 20-й хромосомы – значительно ускорила исследования в области лечения сахарного диабета, лейкемии и других заболеваний.

В настоящее время описано около 3 тысяч заболеваний, причина которых заключается в поломке генетического аппарата. Число изученных наследственных болезней год от года растет. Эти сведения помогут разобраться в генетических программах развития и функционирования нашего организма, причинах возникновения раковых заболеваний и старения.

Появились принципиально новые подходы к диагностике и лечению наследственных заболеваний. К настоящему времени с помощью генотерапии – введения в организм собственных стволовых клеток с исправленными копиями гена – вылечили только 12 детей, больных тяжелым комбинированным иммунодефицитом, редким врожденным заболеванием, при котором для больного смертельна любая инфекция. Но в различных лабораториях уже разрабатываются способы лечения сотен *моногенных* (вызванных нарушением в единственном гене) болезней. При дальнейшем развитии науки станет возможным исправление дефектных генов прямо в зародыше, что позволит избежать наследственных болезней.

Были созданы международные банки данных, содержащие расшифрованные геномы разных организмов. Теперь любой специалист в мире может воспользоваться собранной там информацией.

Все заговорили о возможности клонирования человека.

Клонирование человека

Если можно клонировать животных, что мешает клонировать человека и возможно ли таким образом достичь бессмертия? В настоящее время, по-видимому, уже не существует принципиальных технических ограничений для решения этой задачи. Однако с этической точки зрения такая перспектива представляется совершенно недопустимой. Прежде всего нужно отдавать себе отчет в том, что формирование человека происходит в определенных социальных условиях. И разные индивидуумы с одинаковым генетическим потенциалом в одних условиях могут стать героями нации, а в других — главарями бандитской шайки. Поэтому человек, выращенный из соматической клетки, никогда не будет полной копией своего прародителя. Это будет очень похожий на него, но другой человек. Во-вторых, по каким критериям следует отбирать людей, достойных клонирования и где те судьи, которые могут взвешивать и решать подобные вопросы?

Клонирование — в самом общем значении — точное воспроизведение какого-либо объекта любое требуемое количество раз. Объекты, полученные в результате клонирования, называются клонами.

Клонирование человека — этическая и научная проблема конца 20-го начала 21-го века, состоящая в технической возможности приступить к формированию и выращиванию принципиально новых человеческих существ, точно воспроизводящих не только внешне, но и на генетическом уровне того или иного индивида, ныне существующего или ранее существовавшего вместе с полной этической неподготовленностью к этому общества.

Говоря о клонировании человека, обычно не имеют в виду случай однояйцевых близнецов при обычной беременности, но подразумевают целенаправленное «производство». Хотя однояйцевые близнецы являются клонами друг друга в самом строгом смысле этого слова.

В настоящее время технология клонирования человека ещё не является вполне отработанной. Не решен ряд как теоретических, так и технических вопросов. Однако уже сегодня есть методы, позволяющие с большой долей уверенности говорить, что в главном вопрос технологии уже решён. Наиболее успешным из методов клонирования высших животных оказался метод «переноса ядра».

Различают репродуктивное и терапевтическое клонирование человека.

Репродуктивное клонирование человека — предполагает что индивид, родившийся в результате клонирования, получает имя, гражданские права, образование, воспитание, словом — ведёт такую же жизнь, как и все «обычные» люди.

Репродуктивное клонирование встречается со множеством этических, религиозных, юридических проблем, которые на сегодняшний день ещё не имеют очевидного решения. В большинстве государств все работы по репродуктивному клонированию запрещены на законодательном уровне.

Терапевтическое клонирование человека предполагает, что развитие эмбриона останавливается в течение 14 дней, а сам эмбрион используется как продукт для получения стволовых клеток. Законодатели многих стран опасаются, что легализация терапевтического клонирования приведёт к его переходу в репродуктивное. Однако в некоторых странах терапевтическое клонирование разрешено, например в Великобритании.

Самым принципиальным ограничением является невозможность повторения сознания, а это значит, что речь не может идти о полной идентичности личностей.

Клон не обязательно является полной копией оригинала, так как при клонировании копируется только генотип, а фенотип не копируется.

Обсуждаются вопросы биологической безопасности клонирования человека. Такие как: долгосрочная непредсказуемость генетических изменений, опасность утечки технологий клонирования в криминальные или/и международные террористические структуры.

В некоторых государствах использование данных технологий применительно к человеку официально запрещено — США, Франция, Германия, Япония. Эти запреты, однако, не означают намерения законодателей названных государств воздерживаться от применения клонирования человека в будущем, после детального изучения молекулярных механизмов взаимодействия цитоплазмы ооцита-реципиента и ядра соматической клетки-донора, а также совершенствования самой техники клонирования.

19 февраля 2005 г. Организация Объединенных Наций призвала страны-члены ООН принять законодательные акты, запрещающие все формы клонирования, так как они «противоречат достоинству человека» и выступают против «защиты человеческой жизни». Декларация ООН о клонировании человека, принятая резолюцией 59/280 Генеральной Ассамблеи от 8 марта 2005 г., содержит призыв к государствам-членам запретить все формы клонирования людей в такой мере, в какой они несовместимы с человеческим достоинством и защитой человеческой жизни. В то же время усилия по принятию в рамках ООН универсального международного соглашения о запрете клонирования пока не увенчались успехом.

Единственный на сегодняшний день международный акт, устанавливающий запрет клонирования человека – Дополнительный Протокол к Конвенции о защите прав человека и человеческого достоинства в связи с применением биологии и медицины, касающийся запрещения клонирования человеческих существ, который подписали 12 января 1998 г. 24 страны из 43 стран-членов Совета Европы (сама Конвенция принята Комитетом министров Совета Европы 19 ноября 1996 г.). 1 марта 2001 г. после ратификации 5 странами этот Протокол вступил в силу.

Хотя Россия и не участвует в вышеуказанных Конвенции и Протоколе, она не осталась в стороне от мировых тенденций, ответив на вызов времени принятием Федерального закона «О временном запрете на клонирование человека» от 20 мая 2002 г. № 54-ФЗ.

Как указано в его преамбуле, закон вводит временный (сроком на пять лет) запрет на клонирование человека, исходя из принципов уважения человека, признания ценности личности, необходимости защиты прав и свобод человека и учитывая недостаточно изученные биологические и социальные последствия клонирования человека. С учетом перспективы использования имеющихся и разрабатываемых технологий клонирования организмов предусматривается возможность продления запрета на клонирование человека или его отмены по мере накопления научных знаний в данной области, определения моральных, социальных и этических норм при использовании технологий клонирования человека.

Под клонированием человека в Законе понимается «создание человека, генетически идентичного другому живому или умершему человеку, путем переноса в лишенную ядра женскую половую клетку ядра соматической клетки человека», т.е. речь идет только о репродуктивном, а не терапевтическом клонировании.

Согласно ст. 4 Закона, лица, виновные в его нарушении, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Запрет не распространялся на использование методов клонирования иных организмов. То есть, клонирование молекул нуклеиновых кислот, соматических клеток и тканей противозаконным актом не являлось.

В настоящее время в мире активно развернулся процесс криминализации клонирования человека. В частности, такие статьи включены в новые уголовные кодексы Испании 1995 г., Сальвадора 1997 г., Колумбии 2000 г., Эстонии 2001 г., Мексики (федеральный округ) 2002 г., Молдовы 2002 г., Румынии 2004). В Словении соответствующая поправка в УК внесена в 2002 г., в Словакии – в 2003 г.

Во Франции дополнения в Уголовный кодекс, предусматривающие ответственность за клонирование были внесены в соответствии с Законом о биоэтике от 6 августа 2004 г.

В некоторых странах (Бразилия, Германия, Великобритания, Япония) уголовная ответственность за клонирование установлена специальными законами. Так, например, Федеральный закон ФРГ о защите эмбрионов, 1990 г., называет преступлением создание эмбриона генетически идентичного другому эмбриону, происходящему от живого или мертвого лица.

В Великобритании соответствующие уголовные нормы содержит Закон о репродуктивном клонировании человека (Human Reproductive Cloning Act 2001), который предусматривает санкцию в виде 10 лет лишения свободы. При этом терапевтическое клонирование человека разрешено.

В США запрет на клонирование впервые был введен еще в 1980 г. В 2003 г. Палата представителей Конгресса США приняла закон (Human Cloning Prohibition Act of 2003), по которому клонирование, нацеленное как на размножение, так и на медицинские исследования и лечение, рассматривается как преступление с возможным 10-летним тюремным заключением и штрафом в 1 млн. долларов.

Наконец, в Японии парламентом 30 ноября 2000 г. был принят «Закон, регулирующий применение технологии клонирования человека и других сходных технологий», содержащий необходимые уголовные санкции.

С точки зрения некоторых религий клонирование человека является или проблематичным актом или актом, выходящим за рамки вероучения.

В то же время большинство аналитиков сходится в том, что клонирование в той или иной форме уже стало частью нашей жизни. Но прогнозы касательно клонирования человека высказываются достаточно осторожно.

В ноябре 2007 г. ученые Института прогрессивных исследований Университета ООН выступили с предупреждением: человечеству необходимо подготовиться к появлению клонов, поскольку попытки принятия всеобъемлющего международного договора, запрещающего клонирование человеческих существ, окончились провалом.

Отказ объявить вне закона репродуктивное клонирование означает, что появление клонированных людей – это всего лишь вопрос времени.

На сегодня подавляющее большинство стран высказались против клонирования, но лишь в 50 странах приняты законы, запрещающие проводить эту деятельность. Первая попытка выработать подобный договор была предпринята Шестым (юридическим) комитетом Генассамблеи ООН в 2004 году.

Но все попытки достигнуть единого мнения не увенчались успехом, вылившись в призыв к принятию некоей общей, ни к чему не обязывающей декларации, которая и была подписана в феврале 2005 года. Тогда за принятие документа высказалась 71 страна, против – 35. Еще 43 делегации при голосовании воздержались.

По мнению дипломатов, результаты нескольких голосований в комитете Генассамблеи, прошедших с тех пор, демонстрируют сохраняющийся глубокий раскол среди государств-членов ООН в вопросе клонирования людей и тем самым заведомо подрывают значение декларации.

По данным, опубликованным Университетом ООН по специальным исследованиям, лучшим решением в данной ситуации было бы законодательное и повсеместное запрещение клонирования, однако следует разрешить нескольким сертифицированным открытым научным и медицинским центрам производить терапевтическое клонирование.

По мнению известного философа Ф. Фукуямы, развитие биотехнологий неизбежно потребует введения определенного рода запрещений и лучше их ввести как можно раньше. Одна из причин этого – печальный опыт человечества, которое не всегда разумно обращается с научными открытиями.

11 ноября 2007 г. специалисты ООН опубликовали отчет, призывающий международное сообщество как можно скорее принять закон, запрещающий клонирование и проведение любых опытов в этой области. По мнению ООН «клонирование человека — это всего лишь вопрос времени» и если уже сейчас не заняться решением этого вопроса, очень скоро человечество столкнется с совершенно новой проблемой.

Отсутствие единого запрета позволяет продолжать эксперименты в тех странах, где это не рассматривается как преступление — например, в Таиланде, странах Африки и многих других.

Международный договор, который был бы обязателен для всех государств, пытались принять неоднократно, но всякий раз законодатели сталкивались с сопротивлением научного сообщества. Действительно, клонирование клеток имеет большое значение для медицины, поскольку таким способом можно было бы получать искусственные ткани, которые использовались бы при пересадке, лекарства от рака, диабета, болезней Альцгеймера и Паркинсона.

В отчете ООН говорится о том, что требуется выработать новую, более жесткую позицию, гарантирующую, что клонирование людей в репродуктивных целях будет рассматриваться как уголовное преступление. Вместе с тем, стоит позволить продолжать исследования в области терапевтического клонирования, позволяющие внедрять новые методы лечения различных тяжелых заболеваний.

Отчет также призывает все страны подготовиться к возможному появлению людей-клонов и издать законы, способные защитить их от дискриминации.

За годы исследований учеными уже были получены клоны мышей, овец, свиней, коров и собак. Американские ученые объявили, что им удалось клонировать эмбрион примата — макаки-резуса.

В Великобритании репродуктивное клонирование запрещено. Тем не менее, ученым разрешают проводить исследования в области терапевтического клонирования, несмотря на то, что это встречает резкое сопротивление со стороны религиозных сообществ.

Судя по всему, терапевтическое клонирование человека постепенно входит в нашу жизнь, становится ее непреложным фактом. К нему растет положительный интерес со стороны широкой общественности и различных СМИ. Лицом к нему поворачиваются государственные круги ряда западноевропейских стран, которые отказываются от своих прежних запретов и дают «добро» на его проведение, создают для него необходимую политико-правовую основу. Эту тенденцию не может нарушить даже негативная резолюция о запрете всех форм клонирования человека, принятая на Генеральной Ассамблее ООН в марте 2005 года.

По мнению ряда ученых за последние 50–70 лет резко изменились и, более того, обострились физические, биологические, социальные условия существования человека, в частности, истощились земные ресурсы.

Человечество начало переход от количественного роста к качественному, сопро-

вождающееся заметным снижением рождаемости населения; социальные конфликты, даже самые незначительные, грозят всеобщей катастрофой. Человечество в своем развитии подошло к такому рубежу, когда его дальнейшее существование становится все более проблематичным.

Чтобы жить дальше, необходимо либо находить условия, аналогичные земным, и переселяться туда, либо коренным образом меняться самому, и чем быстрее, тем лучше. Оба эти пути вполне реальны. Но второй кажется более универсальным и перспективным. Решить возникшую острую проблему коренного преобразования человека можно через изменение человеческого генома, который предварительно нужно основательно и всесторонне изучить, и искусственное воспроизводство людей (клонирование человека).

Проблема коренного физического, биологического, социального преобразования человека через изменение человеческого генома и искусственное воспроизводство людей приобретает в настоящее время первостепенное значение и носит общечеловеческий характер. Все остальные становятся подчиненными ей. Решим ее положительно – человечество будет жить дальше, не решим – значит, неизбежно погибнем. Другого не дано. В результате ее положительного решения человечество, в конечном счете, перейдет к иному виду живого, к принципиально иному физически, биологически, социально, человеку.

Каждый из нас, живущих на Земле, должен хорошо понимать, что только мобилизовав значительные силы и средства, запустив политико-правовые, материально-экономические, финансовые, научные и другие механизмы на государственном и международном уровнях, человечество может справиться с возникшей острой проблемой своего дальнейшего существования и развития. Как видим на опыте ряда западноевропейских государств, первые шаги в этом направлении уже делаются. Важно не останавливаться на достигнутом.

5.4. Стволовые клетки

Открытие стволовой клетки стоит в одном ряду с такими великими достижениями человечества, как открытие двуспиральной цепочки ДНК.

Термин «стволовая клетка» впервые ввел в 1908 году русский гематолог из Санкт–Петербурга А. Максимов. Этот год можно считать началом истории стволовых клеток. Их назвали стволовыми, потому что из них, как ветви из ствола дерева, получаются клетки многих других типов.

Стволовые клетки могут давать начало любым клеткам организма – и кожным, и нервным, и клеткам крови. Сначала полагали, что во взрослом организме таких клеток нет и существуют они лишь в самом раннем периоде эмбрионального развития. Однако в 70-е годы А.Я.Фриденштейн с соавторами обнаружили стволовые клетки в мезенхиме (строме) «взрослого» костного мозга; в дальнейшем их стали называть стромальными клетками.

Тогда же появились работы, доказывающие наличие стволовых клеток практически во всех органах взрослых животных и человека. В связи с этим принято разделять стволовые клетки на эмбриональные стволовые клетки (выделяют из эмбрионов на стадии бластоцисты – очень ранней стадии развития, когда еще нет ни тканей, ни закладок органов) и региональные стволовые клетки (выделяют из органов взрослых особей или из органов эмбрионов более поздних стадий), которые сохраняют свойства эмбриональных клеток.

Способность давать множество разнообразных клеточных типов (плюрипотентность) делает стволовые клетки важнейшим восстановительным резервом в организме, который используется для замещения дефектов, возникающих в силу тех или иных обстоятельств.

Особое удивление биологов вызвало присутствие стволовых клеток в центральной нервной системе. Как известно, сами нервные клетки утрачивают способность

к размножению уже на самой ранней стадии нейральной дифференцировки (стадии нейробласта). А стволовые клетки в ответ на различные поражения нервной ткани начинают делиться с последующей дифференцировкой в нервные и глиальные клетки. Изолированные нейральные стволовые клетки могут превращаться и в другие производные.

Стволовые клетки являются предшественниками клеток всех органов и тканей человека, из которых формируются клетки всех других типов – кроветворной, нервной и сердечно–сосудистой системы, эндокринных органов, костной, хрящевой и мышечной тканей.

Миллиарды клеток растущего организма происходят из одной клетки (зиготы), которая образуется в результате слияния мужской (сперматозоид) и женской (яйцеклетка) половых клеток (гамет). Эта единственная клетка содержит не только информацию об организме, но и схему его последовательного развития. В течение нескольких первых дней деления этой клетки образуется шарик из совершенно одинаковых неспециализированных клеток. Примерно через шесть–семь дней этот шарик образует бластоцисту, которая состоит из наружного слоя клеток (эктодермы), окружающего полость, наполненную жидкостью и стволовыми клетками (мезодермы), которые и дадут начало всем остальным клеткам организма. Именно поэтому такие стволовые клетки называют тотипотентными, или всемогущими.

Стволовые клетки размножаются путём деления, как и все остальные клетки. Отличие стволовых клеток состоит в том, что они могут делиться неограниченно, а зрелые клетки обычно имеют ограниченное количество циклов деления.

Интерес к стволовым клеткам возник потому, что появилась надежда с их помощью избавиться от разнообразных по происхождению, локализации и течению болезней, связанных с необратимым повреждением тканей и неизлечимых обычными способами. Это, например, болезнь Альцгеймера, при которой деградирует ткань мозга; диабет, вызванный порчей островков Лангерганса в поджелудочной железе; миопатия Дюшенна, при которой разрушается мышечная ткань; цирроз, связанный с перерождением печени и множество других. Естественной регенерации в этих случаях не происходит или она недостаточна. Лечить такие болезни трансплантацией органов тоже не всегда возможно. Идеальным выходом из положения была бы пересадка клеток, способных замещать повреждённые клетки и восстанавливать испорченные органы. Однако и этот путь не прост. Большую часть любого органа взрослого организма составляют дифференцированные клетки, структура и функция которых окончательно определились. Они не способны делиться и пересаживать их бессмысленно: даже если иммунная система реципиента их не отторгнет, они не смогут восстановить больной орган, его нервную и кровеносную инфраструктуру.

На стволовые клетки возлагают сейчас огромные надежды врачи. Предполагается, что в тех случаях, когда клетки, ткани или органы необратимо повреждены, можно будет брать стволовые клетки донора или самого больного, размножать их в искусственной среде и вводить в организм. Там они должны дать начало непосредственным предшественникам дифференцированных клеток разных типов, чтобы те делились, превращались в специализированные и замещали утраченные.

В течение первых двух недель развития человеческого эмбриона существует универсальная стволовая клетка – типопотентная, способная дифференцироваться в любой из примерно 260 типов человеческих соматических клеток. Эта стволовая клетка называется зародышевой (эмбриональной) стволовой клеткой (Embryonic Stem Cell). Последние достижения технологии переноса ядра предоставляют альтернативный путь получения стволовых клеток, которые могут использоваться для трансплантации тканей и органов с минимальным риском отторжения трансплантата. Эта процедура называется терапевтическим клонированием, в результате которой получают типопотентные ES клетки, являющиеся наследственно идентичными с клетками реципиента трансплантата (рис. 21).

Важно понять, что терапевтическое клонирование кардинально отличается от

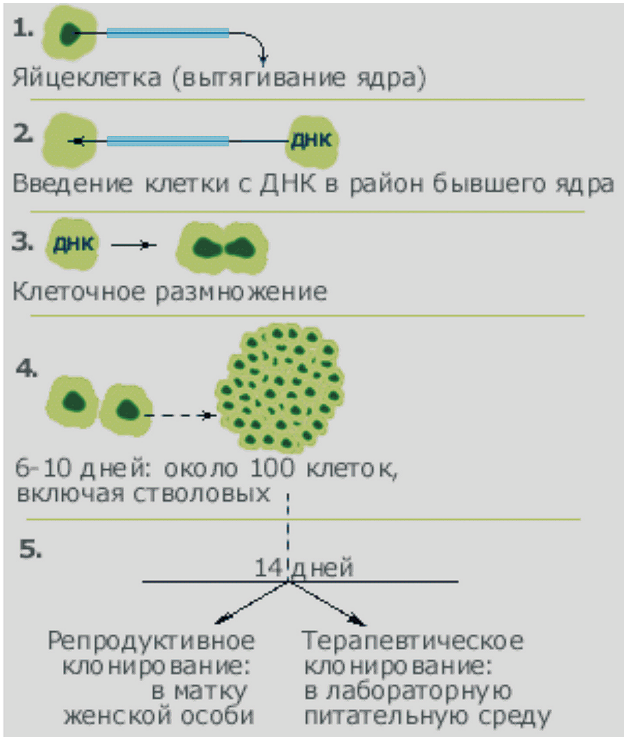


Рис. 21. Схема образования стволовых клеток

репродуктивного клонирования, целью которого является создание человеческого эмбриона с последующей подсадкой его в матку. При терапевтическом клонировании никакой жизнеспособный зародыш не создаётся и не уничтожается! Дело в том, что только одной массы эмбриональных клеток недостаточно для формирования полноценного эмбриона, т. к. в этом процессе принимают участие и некоторые другие эмбриональные клетки.

В ноябре 2007 г. сразу две группы учёных из Японии и США объявили о том, что им удалось передать клеткам кожи человека свойства эмбриональных стволовых клеток. Возможно это открытие остановит этические, политические и медицинские распри вокруг использования эмбрионов для выращивания необходимых для трансплантации тканей и органов.

Также как и эмбриональные стволовые клетки, новые так называемые индуцированные плюрипотентные клетки способны дифференцироваться, то есть становиться клеткой любого из 220 типов клеток человеческого организма (например, нервной, иммунной или кровеносной системы).

При этом для их создания нет необходимости использовать человеческие эмбрионы. А именно запрет властей на проведение подобных экспериментов затормозил работу многих исследовательских групп во всём мире.

Ещё одно преимущество нового метода в том, что перепрограммированные клетки пациента не будут отторгаться организмом. Поэтому, когда методику полностью доработают, она будет подходить любому человеку.

Учёные добились таких результатов с помощью ретровируса, который внедрил четыре новых гена в ДНК клеток.

Обе технологии имеют один общий недостаток: полученные клетки могут мутировать. Так что одним из следующих шагов станет поиск других способов «включения» тех или иных генов.

Но прежде чем биологи научатся выращивать настоящие ткани и органы для трансплантации и других целей, пройдёт ещё несколько лет.

Стволовые клетки можно назвать «ремонтной бригадой» организма. Стволовые клетки в организме взрослого человека вырабатывает костный мозг. Это основной их источник, но далеко не единственный. Также стволовые клетки обнаружены и в жировой ткани, коже, мышцах, печени, легких, сетчатке глаза, практически во всех органах и тканях организма. Они обеспечивают восстановление поврежденных участков органов и тканей.

Стволовые клетки, получив от регулирующих систем организма сигналы о какой–либо «неполадке», по кровяному руслу устремляются к пораженному органу,

восстанавливая практически любое повреждение, преобразовываясь на месте в необходимые организму клетки.

Запас стволовых клеток взрослого организма очень невелик. Поэтому случается так, что обновить утраченные клетки организм самостоятельно уже не в состоянии: или очаг поражения слишком велик, или организм ослаблен, или возраст уже не тот. Можно ли помочь больному излечиться от цирроза, инсульта, паралича, диабета, ряда заболеваний нервной системы? Уже сегодня ученые умеют направлять стволовые клетки «по нужному пути». Достижения в этой области клеточной медицины делают возможности терапевтического использования стволовых клеток практически безграничными.

Лечение стволовыми клетками широко применяется для терапии огромного количества заболеваний. Современная медицина способна не только выращивать и культивировать стволовые клетки из их небольшого количества, взятого из организма, но и трансплантировать их. Лечение стволовыми клетками путем их трансплантации в кровеносное русло человека уже сегодня используется для врачевания большого числа недугов.

Но всегда надо иметь в виду:

клинического опыта применения стволовых клеток чрезвычайно мало;

большие вопросы у исследователей вызывают отдаленные последствия;

существует риск канцерогенеза;

опасность инфицирования при терапии стволовыми клетками: где, как и из чего был получен «клеточный препарат» и тестировался ли он на инфекционную безопасность;

риск иммуногенности клеточного препарата.

Главная проблема репродуктивного клонирования — не техника его осуществления, а неизвестность последствий, к которым оно приведет. Еще нет экспериментальных доказательств, что каждый клонированный эмбрион будет развиваться нормально. Ускоренное старение, неразвитая структура головного мозга — вот лишь две из множества проблем, которые могут возникнуть при репродуктивном клонировании, но самое страшное в том, что когда ребенок родится, изменить уже ничего будет нельзя.

Риск получить неполноценного ребенка намного выше гипотетической возможности помочь бесплодным парам. При репродуктивном клонировании ребенок будет нести геном не обоих родителей, а только одного и при разводе могут возникнуть большие юридические проблемы. Главное в том, что репродуктивное клонирование — неапробированный в экспериментах метод, его слишком рано выносить в медицинскую практику. Как нельзя детям разрешать играть со спичками, так нельзя позволять взрослым экспериментировать с биологической миной замедленного действия, которой, по существу, является клонирование человека.

Исследования в области эмбриональных стволовых клеток во многих странах сейчас ограничены. Одна из причин в том, что введение эмбриональных клеток пациенту, к сожалению, может закончиться возникновением злокачественной опухоли.

Европейская комиссия призвала ввести глобальный запрет на клонирование человека с репродуктивными целями. Эксперименты по клонированию животных показали, что в этой сфере еще остаются большая проблема прогнозирования результатов и огромный риск, связанный с самой процедурой клонирования.

Православная церковь считает, что мы являемся свидетелями того, как современная наука пытается воплотить в жизнь свой самый уродливый проект: идею Бэкона о завоевании природы с целью построения на земле высокотехнологической утопии. Но, поступая таким образом, современная наука уходит из-под контроля человека, необратимо изменяет природу и пытается быть создателем жизни, забывая о том, что у жизни может быть только один Создатель – Бог. Мы должны настаивать, что все виды жизни клеток человеческого организма, на какой бы стадии своего развития они ни находились, пусть даже на самой ранней, являются жизнью человека. Как таковая, человеческая жизнь в любом ее виде является особенной и уникальной, содержащей в себе всю полноту физической и духовной человеческой природы, и образ, и подобие Божие.

К. Маркс еще в прошлом столетии предсказывал, что со временем наука станет непосредственно производительной силой общества. Это предсказание в последние десять-двадцать лет превратилось из мечты в прозаическую реальность большой науки. Еще совсем недавно ученые могли заниматься научными исследованиями, мало интересуясь коммерческими аспектами результатов своей деятельности. Сейчас трудно найти научный институт (неважно где — в биологии или физике), в котором бы прежде, чем любая статья увидит свет — над сообщением не проведут кропотливую работу специалисты в области патентования. Патент— это научное знание (воплощенное в некотором «изделии» — приборе, методе и т.д.), приобретшее чистую форму товара.

В 80-х годах биотехнологические компании перешли от патентования «изделий» в их традиционном понимании к патентованию лабораторно преобразованных в определенных технологических целях фрагментов живой природы (например, микроорганизмов). Не случайно уже первые успехи в реализации геномного проекта привели к заявкам, поданным сразу несколькими группами ученых, на патентование генов человека. По сути, это означает, что ученые заявили — обнаруженные ими человеческие гены (которые есть у каждого из нас) являются их «собственностью» — своеобразными «изделиями» (артефактами), за право на пользование которыми следует платить. Речь, конечно, идет не об оплате за рутинную работу наших генов в наших телах, которая происходит без нашего ведома и без участия ученых. Речь идет о ситуациях, в которых по тем или иным причинам кому-либо понадобится либо выявить данный ген (например, диагностировать патологический), либо методами генной инженерии или терапии воздействовать на него. Платить — даже если при этом будут использованы методы выявления и воздействия, которые не использовались первооткрывателями, а точнее — «изобретателями» этого гена.

Геномика, начав патентовать объекты живой природы, включая биологическую природу самого человека, радикально меняет саму идею науки.

Заявки на патентование человеческих генов вызвали неоднозначную реакцию публики. Многие влиятельные международные организации и общественные деятели немедленно выступили с требованием признать генофонд человека достоянием всего человечества и запретить патентование генов, что, по их мнению, унижает достоинство человека, превращая части его тела в своеобразное изделие и товар. Достаточно упомянуть Всеобщую декларацию ЮНЕСКО о геноме и правах человека (1997). Вокруг права ученых на патентование генов человека разгорелась ожесточенная моральная дискуссия, которая, как это ни парадоксально, в определенной части финансируется за счет бюджета самого проекта. И это обстоятельство составляет еще одну специфическую черту нового типа науки.

Расшифровка генома человека привела к возникновению ряда научных направлений принципиально нового характера, получивших собирательное название «постгеномные технологии». К ним относятся: геномика, транскриптомика, протеомика и метаболомика (совокупность технологических и методических приемов изучения живых систем), биоинформатика (средство обеспечения информационно-вычислительной поддержки исследований), нанобиотехнология (способ практического внедрения полученных результатов) и молекулярная биология как основополагающая наука о жизни.

5.4. Проект «Протеом человека»

Протеомика — направление молекулярной биологии, занимающееся сравнительным изучением клеточных протеомов (наборов белков данной клетки в данной фазе ее развития в определенный момент времени), — выросла из геномики. Перед протеомикой стоит грандиозная задача: определить функциональную роль отдельных белков путем экспериментального сопоставления их качественного и количе-

ственного состава в клетке на разных стадиях и в разных состояниях ее развития, установить взаимосвязи между структурой белка и его функциями. По приблизительным подсчетам, количество возможных человеческих белков лежит между 1 и 100.000.000.

Протеины, конечно, могут взаимодействовать друг с другом и число таких взаимодействий не поддается подсчету. Протеом, по аналогии с геномом (совокупность всех человеческих генов), — это сумма всех протеиновых молекул, сформированных в клетке на определенный момент времени. Геном «говорит», какие процессы могут теоретически протекать внутри данной клетки, а протеом, судя по имеющимся протеинам, «подсказывает», что действительно происходит здесь и сейчас. Протеины определяют активную жизнь клетки, в то время как нуклеиновые кислоты представляют собой только план этой активности.

Протеом — это «опись имущества» клетки по состоянию на данную минуту или моментальное фото, запечатлевшее одно из мгновений в ее жизни. Протеом постоянно меняется, поскольку на состав белковых молекул влияют самые различные факторы: выбор питательных веществ и приток кислорода, перенесенный стресс и принятые лекарства. Организм непрерывно реагирует на состояние окружающей среды, пытаясь сохранить физиологическое равновесие. Внешние факторы, наоборот, стремятся нарушить его. Это связано с синтезом, преобразованием и разложением белков, а реальную возможность протекания таких процессов, их направление и скорость часто определяют ионы металлов.

Когда был расшифрован геном человека, ожидали всяческих чудес — радикального «улучшения» нашего организма, вечной молодости и бессмертия. Но все достижения геномики оказались лишь основанием, фундаментом для воздвигаемого здания науки о человеке. Гены оказались всего лишь элементами чертежа, по которому строится здание организма. Кирпичиками же являются белки. Геном человека дает нам лишь информацию о том, что может происходить с нашим организмом, — о возможных болезнях, например. Известно также, что эта информация только косвенно говорит о реальном состоянии человеческого организма. Она может реализоваться, а может и нет. Иногда в течение всей жизни человека ген так и не «вступает в работу». С другой стороны, далеко не всегда причина болезни кроется в генах. Так что проблема заключается в том, чтобы определить не только гены, но и реально работающие молекулярные машины организма. А это именно белки.

Белки (протеины, полипептиды) — высокомолекулярные органические соединения, органические вещества, состоящие из соединённых в цепочку пептидной связью аминокислот. В живых организмах аминокислотный состав белков определяется генетическим кодом, при синтезе в большинстве случаев используется 20 стандартных аминокислот. Множество их комбинаций дают большое разнообразие свойств молекул белков.

После завершения проекта «Геном человека» произошла смена приоритетов в науке: на место геномики, изучающей гены, на первый план выдвинулась протеомика – наука, изучающая белки. В 2001 году по аналогии с HUGO (Human Genome Organisation) – международным проектом по картированию генома создан консорциум HUPO (Human Proteome Organisation), целью которого является картирование *протеома*, т. е. установление полного набора белков в организме человека, построение молекулярных белковых атласов клеток, органов и тканей, схем белок-белковых взаимодействий и поиск новых маркеров патологических процессов. Проект HUPO, в отличие от предыдущего HUGO, не имеет четко обозначенных сроков. Проект HUPO будет весьма затратным, только ЕС планирует потратить более 5 миллиардов долларов.

Молекулы белков управляют всеми обменными процессами, протекающими в организме — пищеварением, выработкой гормонов или электрическим возбуждением нервных клеток и пр. Любые молекулярно-биологические процессы, происходящие в организме, отражаются в протеоме. Термин был предложен в 1994 году австралийским исследователем Марком Уилкинсом.

Одной из главных причин стремительного развития протеомных исследований является то обстоятельство, что геномика не вполне оправдала надежды ученых. Исходя из аксиомы, что гены кодируют все белки, ожидалось, что картирование протеома позволит получить достаточно полную информацию о составе белков организма. Оказалось, однако, что решить задачу инвентаризации белков методами геномики невозможно.

Действительно, число генов, кодирующих белки, составляет у человека около 30 тысяч, а количество белков на один – два порядка (по разным оценкам) превосходит количество генов и может достигать многих миллионов. Такой полиморфизм белков объясняется тем, что один и тот же ген способен кодировать до двух десятков различных форм белков. Кроме того, свойства синтезированных в клетке белков изменяются в результате разнообразных посттрансляционных химических модификаций белковых молекул (например, фосфорилирование, гликозилирование) и межбелковых взаимодействий.

Само по себе знание последовательности генов не дает представления о том, как функционирует организм. Более того, знание генома не позволяет нам ничего сказать о том, чем живет клетка – любая клетка человеческого организма. Сами по себе гены – лишь инструкция по сборке белковых молекул. Тех молекул, из которых, как из кирпичиков, сложены любые наши клетки. Ведь мы даже не знаем, как клетки человека используют те или иные белки, когда они их используют и что может произойти, если нужный белок отсутствует.

Протеом – величина не постоянная. Это геном был «книгой, содержавшей около трех миллиардов букв». И все буквы стояли на своих – отведенных им природой – местах. Здесь же – в протеоме – все непрестанно меняется. Если и сравнивать протеом с книгой, то с книгой, которая пишется у нас на глазах.

По инструкциям, хранящимся в 30 тысячах наших генов, синтезируется от полумиллиона до миллиона белковых молекул. Многообразие белков явно недооценивалось. Их в десятки раз больше, чем генов. Это – первая неожиданность, с которой столкнулись исследователи протеома. Биологические основы этого многообразия различны. Долгое время считалось, что схема изготовления белков проста: один ген – один вид молекул РНК; один вид молекул РНК – один сорт белков. Догадка оказалась ошибочной. Более половины генов человека «отвечают за выпуск» сразу нескольких молекул РНК. Следовательно, в них заложена инструкция по изготовлению нескольких белков. Сюрприз номер два.

Структурный анализ белков нельзя автоматизировать, как автоматизировали исследование генома. Молекулы ДНК относительно неизменны и одинаковы – любую из них можно исследовать по одной и той же схеме. Очевидно, что-то изменится с внедрением метода ядерно-магнитной резонансной спектроскопии, позволяющего исследовать трехмерную структуру белковых молекул. Разработал его швейцарский биофизик Курт Вютрих, удостоенный в 2002 году Нобелевской премии по химии. По отзывам специалистов, данный метод позволит в обозримом будущем составить атлас всех человеческих белков. С его помощью удается фиксировать изменения атомных ядер под действием электромагнитного излучения.

Протеомные исследования осложняет также нестабильность протеома. Если геномная карта одинакова для всех клеток человека, то каждая клетка, ткань, биологическая жидкость имеет собственную протеомную карту, которая изменяется в соответствии с состоянием клетки и организма. Набор белков в клетке постоянно изменяется в зависимости от фазы клеточного цикла, тканевой специализации клетки, стадии ее дифференцировки, воздействия на клетку физиологически активных веществ, состояния организма и др.

Наглядным примером, иллюстрирующим различие в стабильности генома и протеома, могут служить процессы превращения «гусеница – куколка – взрослая бабочка». Непохожие друг на друга, они представляют собой, однако, различные стадии развития одного и того же организма и, следовательно, содержат в каждой

своей клетке идентичный геном. Протеом – набор белков в клетках этих объектов разительно различается. Существенно различается и набор белков в организме человека на стадиях развития «младенец – взрослый человек – человек старческого возраста».

Невозможность получения полной информации о составе белков организма с помощью геномики и настоятельная потребность в получении сведений о качественном и количественном составе протеома и явилось основной предпосылкой развития постгеномных исследований и появления новой науки – протеомики. По мнению специалистов, именно протеомика доведет до конца дело, начатое расшифровкой генома человека.

Конечная цель протеомики – установление и характеристика полного набора белков данного организма.

Основные задачи протеомики:

- идентификация белков клеток, тканей, биологических жидкостей организма;
- определение структуры белков;
- установление функциональных свойств белков;
- исследование взаимосвязи структуры и функции белков;
- выяснение механизмов регуляции активности белков;
- изучение межбелковых взаимодействий;
- выяснение специфики изменений протеома при заболеваниях;
- выявление белков – мишеней, на которые направлено действие лекарственного средства.

Что же может дать человечеству протеомика? Отвечая на вопрос, для чего нужна расшифровка генома человека, ученые подчеркивают, что исследования в области геномики позволят избавить людей от наследственных болезней. И это действительно так. Однако необходимо помнить, что только 1,5% всех заболеваний человека передается по наследству. Все остальные 98,5% являются следствием нарушения работы протеома. Уже эти цифры указывают на важность протеомных исследований.

Исследования в области протеомики в настоящее время имеют выраженную медицинскую направленность. Одной из важнейших задач протеомики является выявление специфичных для каждого конкретного заболевания изменений в протеоме. Получение таких научных результатов облегчит диагностику патологии, позволит выявлять заболевания на ранних, предшествующих клиническим проявлениям стадиях, даст возможность выбрать эффективную стратегию лечения патологии.

С помощью протеомики можно установить диспропорцию белков в патологически измененных тканях. Например, протеомный сравнительный анализ позволит выяснить, какие именно отклонения в белковом составе клеток являются характерными для конкретной злокачественной опухоли. А на основе этих данных можно получить антитела, способные эффективно подавлять рост раковых клеток.

Исследования в области протеомики дают возможность не только точно диагностировать, но и предотвращать развитие многих заболеваний, с которыми медицина боролась веками. Зная изменения в составе белков клеток при патологии, можно создать для больного индивидуальное лекарство, избирательно нормализующее функционирование протеома.

Белок – это мишень, на которую направлено действие любого лекарства. Сегодня 95% всех фармакологических средств адресовано к белкам. Протеомика позволит выявлять целевые протеины (мишени) и тем самым способствовать созданию новых высокоэффективных медикаментозных и диагностических средств нового поколения. Обладая знаниями в области протеомики, можно будет быстро создавать препараты нового поколения с точной, адресной доставкой. Ожидается, что созданные методами протеомики препараты будут лишены побочного действия.

Специалисты по протеомике (науке о белках) обещают подарить человечеству новую медицину и безвредную фармакологию, основанную на знании точных мишеней для лекарств.

Успешное осуществление проекта «Протеом человека» позволит биотехнологам более тщательно диагностировать генетические отклонения и блокировать неблагоприятное действие мутантных белков на клетку. Технологии, которые возникнут в ходе реализации этого проекта, позволят генным инженерам планировать и «исправлять» функционирование человеческих генов и таким образом по их усмотрению улучшать биологическую природу человека.

Важнейший шаг на этом пути – открытие американских ученых Э. Файра и К. Меллоу, за которое им присуждена нобелевская премия в 2006 году. Речь идет об открытии РНК-интерференции, т.е. генетических механизмов, позволяющих выключать функционирование любых генов человеческого генома. Биомедицинские технологии, базирующиеся на этом выдающемся открытии, позволяют генным инженерам по их усмотрению изменять человеческую молекулу ДНК, генокод, генотип, фенотип, телесность, нейросистему. Учитывая все это, нетрудно понять энтузиазм разработчиков все более могущественных нано-био-гено-нейро-инфо-медийных и компьютерных сверхтехнологий, которые мечтают о времени, когда они с помощью упомянутых сверхтехнологий будут по своему усмотрению изменять человеческую природу.

Глава 6.
Искусственный интеллект

6.1. Понятие «искусственный интеллект»

Наука под названием «искусственный интеллект» входит в комплекс компьютерных наук, а создаваемые на ее основе технологии относятся к информационным технологиям. Задачей этой науки является обеспечение разумных рассуждений и действий с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств.

Искусственный интеллект является сейчас «горячей точкой» научных исследований. В этой точке, как в фокусе, сконцентрированы наибольшие усилия программистов, лингвистов, психологов, математиков, инженеров. Именно здесь решаются многие коренные вопросы, связанные с путями развития научной мысли, с воздействием достижений в области вычислительной техники на жизнь будущих поколений людей.

Искусственный интеллект как цель захватывает весь горизонт человеческого существования и деятельности, и неотделим от проблемы создания жизни. Искусственный интеллект как средство — инженерная дисциплина, конечная цель которой симбиоз мозга и машины[38,42,47,70,101,107,114,115,125].

Термин *интеллект* происходит от латинского *intellectus* — что означает ум, рассудок, разум; мыслительные способности человека. Следует отметить, что само понятие «интеллект» достаточно неоднозначно. Ясно только, что оно включает сочетание таких взаимосвязанных способностей, как: умение решать сложные творческие задачи; способность к обучению, обобщению и аналогиям; обладание собственными средствами получения информации от внешнего мира, т.е. органами восприятия (зрение, слух и т.п.).

Искусственный интеллект (*Artificial intelligence* (*AI*)) — область информатики (т.е. наука в ряду других компьютерных наук), которая исследует и разрабатывает моде-

ли, методы и средства формализованного решения интеллектуальных задач. Упрощенная формулировка интеллектуальных задач — это задачи, для решения которых у человека нет алгоритма.

Искусственный интеллект обычно толкуется как свойство автоматических систем брать на себя отдельные функции интеллекта человека, например, выбирать и принимать оптимальные решения на основе ранее полученного опыта и рационального анализа внешних воздействий.

Алгоритм, т.е. точно определенная процедура, которая при наличии исходных данных может выполняться чисто механически. Для ее выполнения не требуется ни знаний (кроме знания самого алгоритма), ни опыта, ни сообразительности — лишь бы шаги, из которых она состоит, были достаточно элементарными и однозначно понимаемыми. Поэтому, кто бы эту процедуру ни выполнял, при одинаковых данных не только результат, но и весь процесс выполнения должен быть одним и тем же. Таковы, например, вычислительные процедуры или инструкции (если они четко написаны) для пользователей бытовой электроники. Интеллектуальные же задачи разные люди решают по-разному. Знания, опыт и сообразительность здесь играют решающую роль. Часто человек использует интеллект и для рутинной задачи — чтобы решить ее с меньшими затратами.

Создать алгоритм невозможно, не проведя формализацию. Под формализацией задачи понимается точное (как правило, математическое) описание требований к тому, что следует считать успешным решением задачи, а также условий и ограничений, при которых ее надо решать.

Исследования в области искусственного интеллекта идут в двух направлениях теоретическом и практическом.

Что позволяет человеку анализировать поступающую информацию? В терминологии нейрогенетики введено ключевое понятие — *нейросеть*. Именно совокупность нейросетей образует отделы нервной системы человека, которые в свою очередь определяют всю деятельность, придают существу разум, интеллект.

Для того чтобы осуществлять в окружающей среде интеллектуальную деятельность (или хотя бы просто существовать), человеку необходимо иметь в системе знаний информацию, которая поступает в мозг через органы чувств, а также модель этого мира. Информация, которая поступает в мозг через органы чувств, чрезвычайно важна, но недостаточна для интеллектуальной деятельности. Дело в том, что объекты окружающей нас среды обладают свойством не только воздействовать на органы чувств, но и находиться друг с другом в определенных отношениях. В этой информационной модели окружающей среды реальные объекты, их свойства и отношения между ними не только отображаются и запоминаются, но и могут мысленно «целенаправленно преобразовываться». При этом существенно то, что формирование модели внешней среды происходит «в процессе обучения на опыте и адаптации к разнообразным обстоятельствам».

Деятельность мозга (обладающего интеллектом), направленную на решение интеллектуальных задач, мы будем называть мышлением, или интеллектуальной деятельностью. Характерными чертами интеллекта, проявляющимися в процессе решения задач, являются способность к обучению, обобщению, накоплению опыта (знаний и навыков) и адаптации к изменяющимся условиям в процессе решения задач. Благодаря этим качествам интеллекта мозг может решать разнообразные задачи, а также легко перестраиваться с решения одной задачи на другую. Таким образом, мозг, наделенный интеллектом, является универсальным средством решения широкого круга задач (в том числе неформализованных) для которых нет стандартных, заранее известных методов решения.

Возникновение ИИ как самостоятельной науки принято датировать 1956 годом. Первые локальные успехи (перцептрон Розенблатта, программа «Логик-теоретик», доказывавшая некоторые теоремы логики высказываний, «Общий решатель задач» Ньюэлла-Саймона) вселили надежды на быстрое продвижение по первому пути —

пути моделирования процессов мозга. Эти надежды базировались на так называемой компьютерной парадигме: предположении о том, что мозг — это «биокомпьютер», т.е. что его устройство аналогично компьютеру и что в терминах базовых алгоритмических моделей информатики можно адекватно описать информационные процессы мозга. Постепенно выяснилось, что это не так.

Грубо говоря, принципиальное отличие компьютера от мозга заключается в том, что компьютер предназначен для обработки символьной информации, а мозг — для обработки образной информации. Образность здесь понимается в широком смысле — не только как графическое или визуальное представление информации, а как целостное представление, обрабатываемое «сразу» каким-то нераскрытым до сих пор способом. Образными могут быть мысли, идеи, впечатления, оценки людей и ситуаций. На образных представлениях основаны различные виды интуитивных решений в реальном времени: узнавание в разных формах — идентификация знакомого объекта (лица, дома, предмета), опознание манеры, стиля, почерка и др. Характерная особенность этих процессов — их невоспроизводимость и невербальность, иначе говоря, невозможность их объективировать, т.е. дать словесное (и тем более формальное) описание, с помощью которого процесс можно повторить и передать другому.

Многочисленные компьютерные методы обработки образной информации работают с ней как с символьной и имеют мало общего с тем, как работает с ней мозг.

В результате то, что легко для компьютера (например, сложные вычисления), трудно для мозга, и наоборот — то, что трудно для компьютера, легко для мозга.

«Легкость» для мозга можно объяснить только тем, что мозг свои представления обрабатывает «сразу», т.е. с высочайшим уровнем параллелизма, тогда как вычислительные процессы компьютера являются последовательными. Кроме того, по-видимому, представления информации в мозге являются по большей части не цифровыми, а аналоговыми. Информационные механизмы мозга, не раскрытые до сих пор, позволяют компенсировать низкую скорость передачи нейронных сигналов. Благодаря этому человек до сих пор многие задачи (включая задачи узнавания, принятия решений, экспертных оценок и т.д.) решает эффективнее, чем компьютер.

Обычно к реализации интеллектуальных систем подходят именно с точки зрения моделирования человеческой интеллектуальности. По А. Н. Колмогорову, любая материальная система, с которой можно достаточно долго обсуждать проблемы науки, литературы и искусства, обладает интеллектом. Другим примером поведенческой трактовки интеллекта может служить известное определение А. Тьюринга. Его смысл заключается в следующем. В разных комнатах находится люди и машина. Они не могут видеть друг друга, но имеют возможность обмениваться информацией (например, с помощью электронной почты). Если в процессе диалога между участниками игры людям не удается установить, что один из участников — машина, то такую машину можно считать обладающей интеллектом.

Но современный компьютер обречен действовать по инструкциям, составленным в виде программы. В силу этого он прекрасно справляется с рутинными интеллектуальными процессами (нередко лучше человека), но он не способен найти решение задачи, не предусмотренное заранее в его программе. Поэтому любая задача, с которой компьютер не может справиться в данный момент, выступает как действительно интеллектуальная творческая задача, но как только способ ее решения формализован в виде программы, она переходит в разряд рутинных задач.

Наиболее известным и наиболее интересным направлением искусственного интеллекта являются поисковые системы, в частности экспертные. Цель исследований по экспертным системам состоит в разработке интеллектуальных программ, которые при решении задач, трудных для человека не эксперта, получают результаты не уступающие по качеству и эффективности решениям эксперта. Основным элементом экспертной системы является база знаний, составленная экспертами в той или иной предметной области. Пользователь задает вопросы экспертной системе, которая, используя поисковый механизм, отвечает на них, объясняя процесс нахождения результата.

Подобные системы нашли применение в различных областях знаний. Классическими являются системы *MYCIN* для диагностики и лечения заболеваний крови, *PROSPECTOR* для анализа месторождений полезных ископаемых (с помощью этой программы было найдено месторождение молибдена стоимостью 1 млрд. долларов), *VAX* для подбора конфигурации (данная система экономила 18 млн. долларов ежегодно) и другие.

Практически все интеллектуальные системы имеют достаточно простое строение: база знаний о предметной области и механизм интерпретации этих знаний к условиям конкретной задачи. Наиболее интеллектуально сложным и трудоемким считается создание базы знаний. Данные должны иметь определенную структуру, удобную как для кодирования, так и для дальнейшей поисковой работы. Вопросами извлечения знаний и их формализации занимается «инженерия знаний».

Если в теории трудности моделирования мозга были четко осознаны далеко не сразу, то на прикладном уровне скоро стало ясно, что гораздо более продуктивным является второй путь — решение интеллектуальных задач компьютерными методами без оглядки на то, как их решает мозг. Именно на этом пути были получены все реальные достижения искусственного интеллекта. Их теоретическая основа — методы обработки символьной информации, опирающиеся на математическую логику и другие разделы дискретной математики (теорию графов, теорию формальных языков и грамматик, алгебраическую теорию решеток и т.д.). Практической реализацией этих методов являются интеллектуальные системы (ИС), или системы, основанные на знаниях (СОЗ).

Во всякой ИС можно выделить два основных функциональных блока: базу знаний (БЗ) и блок вывода, который называют также решателем, рассуждателем и т.д. Именно возможность рассуждать, т.е. делать выводы из имеющейся информации и получать сведения, которые явно не лежат в БЗ, превращает данные в знание. Этим база знаний отличается от базы данных (БД).

Построение баз знаний основано на совокупности методов, называемой «инженерией знаний». Эти методы решают две проблемы. Первая — извлечение знаний из специалистов в данной области (экспертов). Здесь трудность заключается в том, что специалисту не всегда легко выразить свой опыт и знания в четкой словесной форме. Например, опытный врач уверенно назначает лечение, но затрудняется сформулировать свое решение в виде правила «если имеются такие-то симптомы и результаты анализов, то лечить надо так-то». Поэтому методы извлечения знаний включают различные психологические приемы и требуют определенных умений от инженера по знаниям («извлекателя знаний»). Вторая проблема состоит в создании представлений знаний, удобных для автоматической обработки. Знания могут быть представлены в виде системы продукций (правил вида «если ... то ...»), совокупности утверждений логики предикатов, семантической сети (системы понятий, связанных определенными отношениями), фреймов и т.д. В последнее время становится все более популярным представление знаний в виде онтологий. Онтология — это стандартизованная семантическая сеть, имеющая, как правило, иерархическую структуру с определенным набором отношений и средств обработки запросов.

Блок вывода содержит средства рассуждений, позволяющие делать выводы из знаний, содержащихся в БЗ. В исторически первых ИС, названных экспертными системами, знания состоят из фактов (заложенных заранее или поступающих в реальном времени) и правил-продукций вида «если ... то ...». В них рассуждение представляет собой поиск правил, для которых выполнено условие «если», с последующим выполнением действий, описанных в правой части правила. В ИС, где знания представлены логическими утверждениями, рассуждение имеет вид доказательства теоремы, т.е. использует методы дедуктивной логики. Таковы, например, ИС, использующие известный язык *«ПРОЛОГ»*.

В ИС, ориентированных на интеллектуальный анализ данных, т.е. на извлечение закономерностей из массивов данных, используются методы индуктивной логики,

которые заключаются в автоматическом порождении гипотез и их последующей проверке. Кроме того, разрабатываются различные «неклассические» логики, в которые неявно включены знания об особенностях конкретной предметной области: логики времени, учитывающие временные отношения «раньше», «одновременно», «не позднее чем» и др., пространственные логики с отношениями типа «над», «за», «около», «ниже», «выше», различные варианты нечеткой логики, формализующие неустранимую нечеткость исходных данных.

Рассуждения в ИС могут и не иметь явно выраженного логического вида. К ним относятся, например, методы автоматической классификации, в которых задача состоит в том, чтобы отнести данный объект к одному из известных классов по заданному набору признаков, методы анализа ситуаций на основе когнитивных карт (диаграмм специального вида) и т.д.

Примеры некоторых типичных задач, которые уже решаются с помощью ИС.

Диагностика — обнаружение источников и причин отклонений от нормы. Сюда относятся задачи медицинской диагностики, обнаружение неисправностей в сложных технических системах, программном обеспечении и т.д.

Прогнозирование — предсказание возникновения или направления развития событий: прогноз ситуации на фондовых рынках, экономические и политические прогнозы.

Управление сложными системами (верхний уровень, требующий нестандартных, плохо формализуемых решений): управление роботом, управление грузовыми потоками на железной дороге и транспортной ситуацией в большом городе. С управлением тесно связана поддержка принятия решений — помощь лицу, принимающему решение, в формировании альтернатив и выборе правильного решения. Примеры: выбор стратегии выхода фирмы из кризисной ситуации, выбор курса лечения в медицине, принятие решений в различных чрезвычайных ситуациях. Решение таких задач обычно сочетается с прогнозированием последствий различных выборов.

Проектирование — синтез конфигураций компонентов проектируемой системы при заданных ограничениях и выдача комплекта документации. Примеры задач: проектирование электронных схем, схем городской застройки и т.д.

Планирование — составление планов проведения последовательности действий, приводящих к определенной цели. Примеры задач: планирование поведения робота для выполнения конкретной задачи, планирование транспортных маршрутов.

Обучение. Обучающие системы анализируют ошибки и пробелы в знаниях учеников, планируют общение с учеником в зависимости от его успехов.

Обработка естественного языка (ЕЯ). Помимо традиционной и до сих пор не решенной глобальной задачи машинного перевода здесь решается ряд локальных прикладных задач: текстовый и речевой интерфейс с интеллектуальной системой на ограниченном ЕЯ, извлечение данных из текстов, поиск релевантной информации в текстовых массивах, генерация текстов и др. Чисто лингвистические методы работают только на этапах морфологического и синтаксического анализа. На этапе семантического (смыслового анализа) применяются методы ИИ, связанные в первую очередь с формализацией понятий и отношений, описывающих данную предметную область. Опыт показывает, что без учета специфики предметной области эффективная обработка естественно-языковых текстов невозможна. Эта область применения ИИ развивается особенно бурно — в значительной степени из-за развития поисковых систем в Интернете.

Исследователи, работающие в направлении создания ИИ, надеются достичь такого понимания механизмов интеллекта, при котором можно будет составлять компьютерные программы с человеческим или более высоким уровнем интеллекта.

Общий подход состоит в разработке методов решения задач, для которых отсутствуют формальные алгоритмы: понимание естественного языка, обучение, доказательство теорем, распознавание сложных образов и т.д. Теоретические исследования направлены на изучение интеллектуальных процессов и создание соответствующих

математических моделей. Экспериментальные работы ведутся путем составления компьютерных программ и создания машин, решающих частные интеллектуальные задачи или разумно ведущих себя в заданной ситуации. Систематические исследования в области искусственного интеллекта начались лишь с появлением цифрового компьютера.

Многие трудности при создании машин, выполняющих определенные интеллектуальные задачи, связаны с вопросами о том, какую информацию должна иметь программа, каким образом на основании этой исходной информации могут быть сделаны дальнейшие выводы и как эта информация должна храниться в компьютере. Необходимостью решения этих проблем были вызваны к жизни исследования, цель которых – ответить на вопрос, что такое знание. Мощные средства представления в компьютерных программах и эффективные способы логических рассуждений дала математическая логика. Но, как оказалось, в существующих системах математической логики представлены не все формы рассуждений, свойственные человеческому интеллекту и необходимые для решения проблем. Интеллект нуждается еще и в способах рассуждения, допускающих скачкообразный переход к выводам, которые могут быть ложными. Специалисты установили также важное значение ситуаций, в которых новые действия могут начинаться до завершения начатых ранее.

Созданы программы, отождествляющие объекты по контурам изменения цвета или яркости либо по протяженным областям одного цвета или одной текстуры. Для выполнения таких задач необходимо, чтобы компьютер хранил в памяти образцы и мог сопоставлять с ними объект.

Существуют программы, распознающие и воспроизводящие человеческую речь. Некоторые из них распознают сотни отдельных слов, другие могут даже «понимать» связную речь. Существуют компьютерные программы, способные читать тексты из букварей и отвечать на некоторые вопросы по этим текстам. Другие программы могут вести диалог с врачом о заболеваниях крови. Но круг вопросов, в которых «разбираются» такие программы, очень узок. И трудность не в запасе слов, а в том, что для понимания статьи из энциклопедии требуется больше начальных знаний и умения рассуждать, чем может учесть программа.

Человек и животные обучаются на собственном опыте, и такой способностью должны обладать и программы. Чтобы программа могла обучаться на собственном опыте, следует соответствующим образом представить в машине ее собственное поведение. Такое обучение может быть эффективным, если малые с точки зрения человека изменения в поведении отображаются малыми же изменениями в способе представления поведения. В настоящее время, чтобы изменить поведение программы, следует пересмотреть всю программу и в ряде мест внести в нее существенные изменения.

Одной из главных целей исследований в области искусственного интеллекта остается разработка программ, умеющих рассуждать, т.е. способных сочетать инструкции с собственными знаниями.

Роботы, выполняющие тяжелую или опасную работу, все шире применяются в промышленном производстве. Самые первые из них программировались на повторение одной и той же последовательности действий, состоящей, например, в том, что заготовка берется в определенном месте и кладется под пресс или в печь, а затем вынимается. Даже несовершенные роботы позволяют создавать гибкие производственные системы. Промышленные роботы следующих поколений снабжались программами, предусматривающими «очувствленное» восприятие окружения с применением в некоторых случаях телевизионных камер для определения положения объектов. Существуют программы управления автомобилем, предотвращающие наезды на препятствия.

Конечная цель исследований в области искусственного интеллекта – достичь такого понимания интеллектуальных механизмов, при котором можно было бы создать компьютеры, по уровню интеллекта превосходящие человека. Одни ученые считают,

что это нереально, другие – что успех уже близок. Большинство же сходится на том, что хотя разработанные методы и ведут к дальнейшим успехам, для достижения хотя бы человеческого уровня интеллекта нужно еще совершить решающий прорыв, наделив компьютерные программы неким общим представлением о мире.

6.2. Решения проблемы искусственного интеллекта

Возможны два принципиально различных подхода к решению проблемы *искусственного интеллекта*.

Первый подход заключается в том, чтобы исследовать процессы, происходящие в мозгу человека при решении интеллектуальных задач, попытаться формализовать эти процессы, т.е. построить математические модели информационных процессов мозга и на их основе создать компьютерные алгоритмы решения задач.

Второй подход — «феноменологический», т.е. моделирование внешних проявлений интеллектуальной деятельности. Иначе говоря, он моделирует не процесс, а результат: если не удается смоделировать интеллектуальный процесс человека, то надо создавать другие процессы, которые удобны для компьютерной реализации, учитывая, что скорости сигналов в компьютере примерно в миллион раз выше, чем скорости сигналов в нервной системе мозга.

Искусственные нейронные сети пришли к нам из биологии. Они состоят из элементов, функциональные возможности которых аналогичны большинству элементарных функций биологического нейрона — нервной клетки. Нейроны организуются по способу, который может соответствовать (или не соответствовать) анатомии мозга. Они выстраиваются в цепи, соединяются и демонстрируют удивительное число свойств, присущих мозгу. Они обучаются на основе опыта, обобщают предыдущие прецеденты на новые случаи и извлекают существенные свойства из поступающей информации, содержащей излишние данные. Несмотря на такое функциональное сходство, реальный «интеллект", демонстрируемый самыми сложными искусственными нейронными сетями, находится пока ниже уровня дождевого червя.

Однако представляется неверным игнорировать удивительное сходство в функционировании некоторых нейронных сетей с человеческим мозгом. Эти возможности, как бы они ни были ограничены сегодня, наводят на мысль, что глубокое проникновение в человеческий интеллект, а также множество революционных приложений, могут быть не за горами.

Человеческий мозг

Человеческий мозг содержит свыше тысячи миллиардов вычислительных элементов, называемых нейронами. Превышая по количеству число звезд в Млечном Пути галактики, эти нейроны связаны сотнями триллионов нервных нитей, называемых синапсами. Эта сеть нейронов отвечает за все явления, которые мы называем мыслями, эмоциями, познанием, а также и за совершение мириадов сенсомоторных и автономных функций. Пока мало понятно, каким образом все это происходит, но уже исследовано много вопросов физиологической структуры и определенные функциональные области постепенно изучаются исследователями[83].

Мозг является основным потребителем энергии тела. Включая в себя лишь 2% массы тела, в состоянии покоя он использует приблизительно 20% кислорода тела. Потребляя только 20 Вт, мозг с энергетической точки зрения невероятно эффективен. Компьютеры с одной крошечной долей вычислительных возможностей мозга потребляют много тысяч ватт и требуют сложных средств для охлаждения, предохраняющего их от температурного саморазрушения.

Мозг в теории рассматривается как система, автоматически перерабатывающая всю поступившую информацию, выделяющая в ней все имеющиеся закономерности и на их основе планирующая (в соответствии с заданными критериями) поведение управляемого им организма. Иначе говоря, мозг рассматривается как идеальный вычислитель (или, если угодно, идеальный логик и математик).

Мозг — это самое сложное устройство во Вселенной, а психика подобна плазме и способна подстраиваться под любые схемы, которые ей предписывают. Причем очень быстро за 1–2 миллисекунды проводящей обзор и интеграцию подсистем организма.

Кора головного мозга человека содержит 10—20 миллиардов нейронов. Каждый нейрон связан с 10^3–10^4 другими нейронами. В целом мозг человека содержит приблизительно от 10^{14} до 10^{15} взаимосвязей.

Нейроны — нервные клетки, структурно-функциональные единицы нервной системы. На рис. 22 показана типичная структура нейрона.

Нейрон состоит из тела диаметром от 3 до 100 мкм, содержащего ядро (с большим количеством ядерных пор) и другие органеллы (в том числе сильно развитый шероховатый ЭПР с активными рибосомами, аппарат Гольджи), и отростков. Выделяют два вида отростков. Аксон обычно — длинный отросток, приспособленный для проведения возбуждения от тела нейрона. Дендриты — как правило, короткие и сильно разветвлённые отростки, служащие главным местом образования влияющих на нейрон возбуждающих и тормозных синапсов (разные нейроны имеют различное соотношение длины аксона и дендритов).

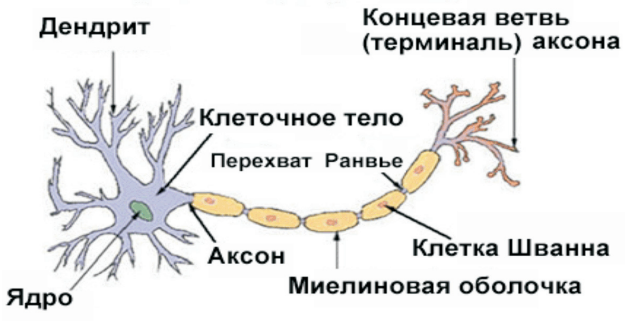


Рис. 22. Общая структура нейрона

Нейрон является основным строительным блоком нервной системы. Он является клеткой, подобной всем другим клеткам тела, однако определенные существенные отличия позволяют ему выполнять все вычислительные функции и функции связи внутри мозга.

Нейрон состоит из трех основных частей: тела клетки, дендритов и аксона, каждая часть со своими, но взаимосвязанными функциями (рис. 23).

Были идентифицированы сотни типов нейронов, каждый со своей характерной формой тела клетки.

Место контакта двух нейронов называется *синапсом*. Нейроны восприимчивы к раздражению, то есть способны воспринимать раздражитель и отвечать на него генерацией потенциала действия. Обычно раздражителем для нейрона служит нейромедиатор, выделяемый другими нейронами в синаптические щели. Одни синапсы вызывают деполяризацию нейрона, другие — гиперполяризацию; первые являются возбуждающими, вторые — тормозящими. Обычно для возбуждения нейрона необходимо раздражение от нескольких возбуждающих синапсов.

Рибосома — важнейший органоид живой клетки сферической или слегка овальной формы, диаметром 100–200 ангстрем, состоящий из большой и малой субъединиц. Рибосомы служат для биосинтеза белка из аминокислот по заданной матрице на основе генетической информации, предоставляемой матричной РНК. Этот процесс называется трансляцией.

Комплекс Гольджи был назван так в честь итальянского ученого Камилло Гольджи, впервые обнаружившего его в 1898 году. Комплекс Гольджи представляет со-

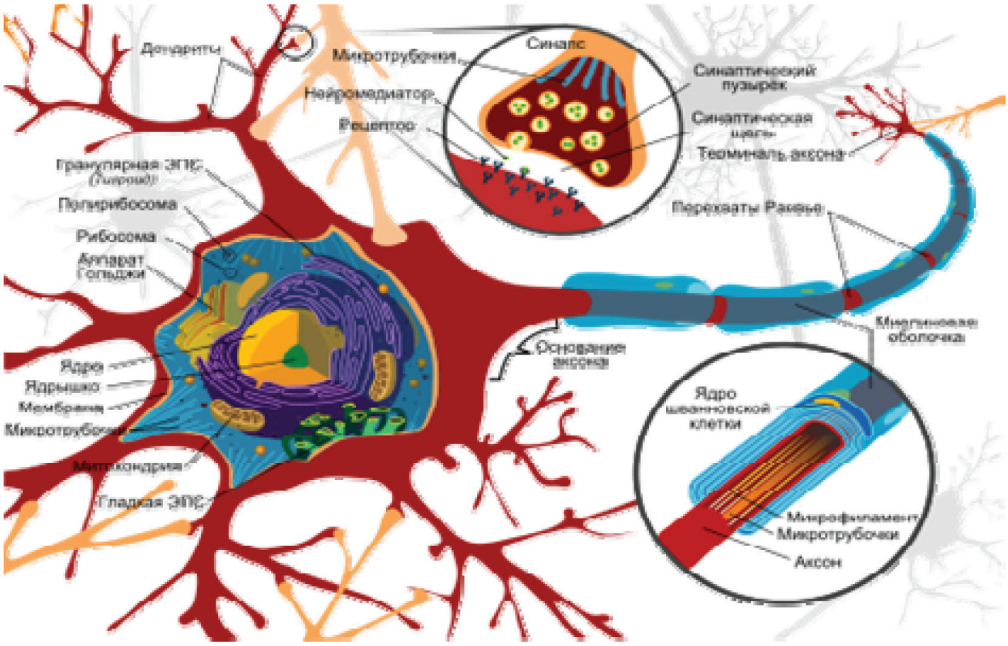


Рис. 23. Схема строения нейрона

бой стопку дискообразных мембранных мешочков (цистерн), несколько расширенных ближе к краям и связанную с ними систему пузырьков Гольджи. В растительных клетках обнаруживается ряд отдельных стопок (диктиосомы), в животных клетках часто содержится одна большая или несколько соединенных трубками стопок. В цистернах Аппарата Гольджи созревают белки, предназначенные для секреции, трансмембранные белки плазматической мембраны, белки лизосом и т.д.

Тело ячейки. Нейроны в мозгу взрослого человека не восстанавливаются; они отмирают. Это означает, что все компоненты должны непрерывно заменяться, а материалы обновляться по мере необходимости. Большинство этих процессов происходит в теле клетки, где изменение химических факторов приводит к большим изменениям сложных молекул. Кроме этого, тело клетки управляет расходом энергии нейрона и регулирует множество других процессов в клетке. Внешняя мембрана тела клетки нейрона имеет уникальную способность генерировать нервные импульсы (потенциалы действия), являющиеся жизненными функциями нервной системы и центром ее вычислительных способностей.

Дендриты. Большинство входных сигналов от других нейронов попадают в клетку через дендриты, представляющие собой густо ветвящуюся структуру, исходящую от тела клетки. На дедритах располагаются синаптические соединения, которые получают сигналы от других аксонов. Кроме этого, существует огромное количество синаптических связей от аксона к аксону, от аксона к телу клетки и от дендрита к дендриту; их функции не очень ясны, но они слишком широко распространены, чтобы не считаться с ними.

В отличие от электрических цепей, синаптические контакты обычно не являются физическими или электрическими соединениями. Вместо этого имеется узкое пространство, называемое синоптической щелью, отделяющее дендрит от передающего аксона. Специальные химические вещества, выбрасываемые аксоном в синаптическую щель, диффундируют к дендриту. Эти химические вещества, называемые нейротрансмиттерами, улавливаются специальными рецепторами на дендрите и внедряются в тело клетки.

Функционально дендриты получают сигналы от других клеток через контакты,

называемые синапсами. Отсюда сигналы проходят в тело клетки, где они суммируются с другими такими же сигналами. Если суммарный сигнал в течение короткого промежутка времени является достаточно большим, клетка возбуждается, вырабатывая в аксоне импульс, который передается на следующие клетки. Несмотря на очевидное упрощение, эта схема функционирования объясняет большинство известных процессов мозга.

Определено более 30 видов *нейротрансмиттеров.* Некоторые из них являются возбуждающими и стремятся вызывать возбуждение клетки и выработать выходной импульс. Другие являются тормозящими и стремятся подавить такой импульс. Тело клетки суммирует сигналы, полученные от дендритов, и если их результирующий сигнал выше порогового значения, вырабатывается импульс, проходящий по аксону к другим нейронам.

Аксон. Аксон может быть как коротким (0,1 мм), так и превышать длину 1 м, распространяясь в другую часть тела человека. На конце аксон имеет множество ветвей, каждая из которых завершается синапсом, откуда сигнал передается в другие нейроны через дендриты, а в некоторых случаях прямо в тело клетки. Таким образом, всего один нейрон может генерировать импульс, который возбуждает или затормаживает сотни или тысячи других нейронов, каждый из которых, в свою очередь, через свои дендриты может воздействовать на сотни или тысячи других нейронов. Таким образом, эта высокая степень связанности, а не функциональная сложность самого нейрона, обеспечивает нейрону его вычислительную мощность.

Синаптическая связь, завершающая ветвь аксона, представляет собой маленькие утолщения, содержащие сферические структуры, называемые синоптическими пузырьками, каждый из которых содержит большое число нейротрансмиттерных молекул. Когда нервный импульс приходит в аксон, некоторые из этих пузырьков высвобождают свое содержимое в синаптическую щель, тем самым инициализируя процесс взаимодействия нейронов.

Кроме распространения такого бинарного сигнала, обеспечиваемого возбуждением первого импульса, в нейронах при слабой стимуляции могут также распространяться электрохимические сигналы с последовательной реакцией. Локальные по своей природе, эти сигналы быстро затухают с удалением от места возбуждения, если не будут усилены. Природа использует это свойство первых клеток путем создания вокруг аксонов изолирующей оболочки из шванковских клеток. Эта оболочка, называемая *миелиновой,* прерывается приблизительно через каждый миллиметр вдоль аксона узкими разрывами, называемыми узлами, или *перехватами Ранвье.* Нервные импульсы, приходящие в аксон, передаются скачкообразно от узла к узлу. Таким образом, аксону нет нужды расходовать энергию для поддержания своего химического градиента по всей своей длине. Только оставшиеся неизолированными перехваты Ранвье являются объектом генерации первого импульса; для передачи сигнала от узла к узлу более эффективными являются градуальные реакции. Кроме этого свойства оболочки, обеспечивающего сохранение энергии, известны ее другие свойства. Например, миелинизированные нервные окончания передают сигналы значительно быстрее немиелинизированных. Обнаружено, что некоторые болезни приводят к ухудшению этой изоляции, что, по-видимому, является причиной других болезней.

Мембрана клетки. В мозгу существует 2 типа связей: передача химических сигналов через синапсы и передача электрических сигналов внутри нейрона. Великолепное сложное действие мембраны создает способность клетки вырабатывать и передавать оба типа этих сигналов.

Мембрана клетки имеет около 5 нм толщины и состоит из двух слоев липидных молекул. Встроенные в мембрану различные специальные протеины можно разделить на пять классов: насосы, каналы, рецепторы, энзимы и структурные протеины.

Насосы активно перемещают ионы через мембрану клетки для поддержания градиентов концентрации. Каналы пропускают ионы выборочно и управляют их прохождением через мембрану. Некоторые каналы открываются или закрываются

распространяющимся через мембрану электрическим потенциалом, тем самым обеспечивая быстрое и чувствительное средство изменения ионных градиентов. Другие типы каналов управляются химически, изменяя свою проницаемость при получении химических носителей.

Рецепторами являются протеины, которые распознают и присоединяют многие типы молекул из окружения клетки с большой точностью. Энзимы оболочки ускоряют разнообразные химические реакции внутри или около клеточной мембраны. Структурные протеины соединяют клетки и помогают поддерживать структуру самой клетки.

Внутренняя концентрация натрия в клетке в 10 раз ниже, чем в ее окружении, а концентрация калия в 10 раз выше. Эти концентрации стремятся к выравниванию с помощью утечки через поры в мембране клетки. Чтобы сохранить необходимую концентрацию, протеиновые молекулы мембраны, называемые натриевыми насосами, постоянно отсасывают натрий из клетки и подкачивают калий в клетку. Каждый насос перемещает приблизительно две сотни ионов натрия и около ста тридцати ионов калия в секунду. Нейрон может иметь миллионы таких насосов, перемещающих сотни миллионов ионов калия и натрия через мембрану клетки в каждую секунду. На концентрацию калия внутри ячейки влияет также наличие большого числа постоянно открытых калиевых каналов, т. е. протеиновых молекул, которые хорошо пропускают ионы калия в клетку, но препятствуют прохождению натрия. Комбинация этих двух механизмов отвечает за создание и поддержание динамического равновесия, соответствующего состоянию нейрона в покое.

Градиент ионной концентрации в мембране клетки вырабатывает внутри клетки электрический потенциал −70 мВ относительно ее окружения. Чтобы возбудить клетку (стимулировать возникновение потенциала действия) синаптические входы должны уменьшить этот уровень до приблизительно −50 мВ. При этом потоки натрия и калия сразу направляются в обратную сторону; в течение миллисекунд внутренний потенциал клетки становится +50 мВ относительно внешнего окружения. Это изменение полярности быстро распространится через клетку, заставляя нервный импульс распространиться по всему аксону до его пресинаптических окончаний. Когда импульс достигнет окончания аксона, открываются управляемые напряжением кальциевые каналы. Это вызывает освобождение нейротрансмиттерных молекул в синаптическую щель и процесс распространяется на другие нейроны. После генерации потенциала действия клетка войдет в рефрактерный период на несколько миллисекунд, в течение которого она восстановит свой первоначальный потенциал для подготовки к генерации следующего импульса.

Рассмотрим этот процесс более детально. Первоначальное получение нейротрансмиттерных молекул снижает внутренний потенциал клетки с −70 до −50 мВ. При этом зависимые от потенциала натриевые каналы открываются, позволяя натрию проникнуть в клетку. Это еще более уменьшает потенциал, увеличивая приток натрия в клетку и создает самоусиливающийся процесс, который' быстро распространяется в соседние области, изменяя локальный потенциал клетки с отрицательного до положительного.

Через некоторое время после открытия натриевые каналы закрываются, а калиевые каналы открываются. Это создает усиленный поток ионов калия из клетки, что восстанавливает внутренний потенциал −70 мВ. Это быстрое изменение напряжения образует потенциал действия, который быстро распространяется по всей длине аксона подобно лавине.

Натриевые и калиевые каналы реагируют на потенциал клетки и, следовательно, можно сказать, что они управляют напряжением. Другой тип каналов является химически управляемым. Эти каналы открываются только тогда, когда специальная нейротрансмиттерная молекула попадает на рецептор, и они совсем не чувствительны к напряжению. Такие каналы обнаруживаются в постсинаптических мембранах на дендритах и ответственны за реакцию нейронов на воздействие различных нейро-

трансмиттерных молекул. Чувствительный к ацетилхолину белок (ацетилхолиновый рецептор) является одним из таких химических каналов. Когда молекулы ацетилхолина выделяются в синаптическую щель, они диффундируют к ацетилхолиновым рецепторам, входящим в постсинаптическую мембрану. Эти рецепторы (которые также являются каналами) затем открываются, обеспечивая свободный проход как калия, так и натрия через мембрану. Это приводит к кратковременному локальному уменьшению отрицательного внутреннего потенциала клетки (формируя положительный импульс). Так как импульсы являются короткими и слабыми, то чтобы заставить клетку выработать необходимый электрический потенциал, требуется открытие многих таких каналов.

Ацетилхолиновые рецепторы-каналы пропускают и натрий, и калий, вырабатывая тем самым положительные импульсы. Такие импульсы являются возбуждающими, поскольку они способствуют появлению необходимого потенциала. Другие химически управляемые каналы пропускают только калиевые ионы из клетки, производя отрицательный импульс; эти импульсы являются тормозящими, поскольку они препятствуют возбуждению клетки.

Нейроны взаимодействуют посредством короткой серии импульсов, как правило, продолжительностью несколько мсек. Сообщение передается посредством частотно-импульсной модуляции. Частота может изменяться от нескольких единиц до сотен герц, что в миллион раз медленнее, чем самые быстродействующие переключательные электронные схемы. Тем не менее, сложные решения по восприятию информации, как, например, распознавание лица, человек принимает за несколько сотен мс. Эти решения контролируются сетью нейронов, которые имеют скорость выполнения операций всего несколько мс. Это означает, что вычисления требуют не более 100 последовательных стадий. Другими словами, для таких сложных задач мозг «запускает» параллельные программы, содержащие около 100 шагов. Это известно как правило ста шагов. Рассуждая аналогичным образом, можно обнаружить, что количество информации, посылаемое от одного нейрона другому, должно быть очень маленьким (несколько бит). Отсюда следует, что основная информация не передается непосредственно, а захватывается и распределяется в связях между нейронами.

Таким образом, нейронный сигнал является импульсным или частотно-модулируемым (ЧМ). Этот метод модуляции, широко используемый в технике (например, ЧМ-радио), имеет значительные преимущества при наличии помех по сравнению с другими способами. Исследования показали изумляющую сложность биохимических процессов в мозге. Например, предполагается наличие свыше 30 веществ, являющихся нейротрансмиттерами и большое количество рецепторов с различными ответными реакциями. Более того, действие определенных нейротрансмиттерных молекул зависит от типа рецептора в постсинаптической мембране, некоторые нейротрансмиттеры могут быть возбуждающими для одного синапса и тормозящими для другого. Кроме того, внутри клетки существует система «вторичного переносчика», которая включается при получении нейротрансмиттера, что приводит к выработке большого количества молекул циклического аденозинтрифосфата, тем самым производя значительное усиление физиологических реакций.

Таким образом, нейрон представляет собой морфофункциональную единицу центральной нервной системы человека и животных. Нейроны соединяются друг с другом посредством токопроводящих отростков — синапсов, которые делятся на возбудительные и тормозные. Активность первых увеличивает возможность разряда нейрона, активность вторых — снижает. При достижении некоторого порогового уровня возбуждения нейрон генерирует электрический импульс, называемый потенциалом действия. По образному сравнению, ответ нейрона на активность всех его синапсов представляет собой результат своеобразного «химического голосования». После импульса примерно на тысячную долю секунды нейрон становится недееспособным. Этот период нужен для восстановления ресурсов клетки. Совокупность электрической активности нейронов создает вокруг мозга и нервных волокон слабое

переменное электромагнитное поле, которое можно регистрировать, например, при помощи электроэнцефалографа (ЭЭГ). На сегодня ЭЭГ — один из самых простых технических способов изучения мозга.

Мозг также содержит густую сеть кровеносных сосудов, которые обеспечивают кислородом и питательными веществами нейроны и другие ткани. Эта система кровоснабжения связана с главной системой кровообращения посредством высокоэффективной фильтрующей системы, называемой гематоэнцефалическим барьером, этот барьер является механизмом защиты, который предохраняет мозг от возможных токсичных веществ, находящихся в крови. Защита обеспечивается низкой проницаемостью кровеносных сосудов мозга, а также плотным перекрытием глиальных клеток, окружающих нейроны. Кроме этого, глиальные клетки обеспечивают структурную основу мозга. Фактически весь объем мозга, не занятый нейронами и кровеносными сосудами, заполнен глиальными клетками.

6.3. Искусственные нейронные сети

Современные ЭВМ превосходят человека по способности производить числовые и символьные вычисления. Однако человек может без усилий решать сложные задачи восприятия внешних данных, что неспособен мощнейший в мире компьютер[42]. Архитектура биологической нейронной системы совершенно не похожа на архитектуру ЭВМ, существенно влияет на типы функций, которые более эффективно исполняются каждой моделью. Сравнение ЭВМ с биологической нейронной системой приведено в табл. 7.

Таблица 7

Сравнение ЭВМ с биологической нейронной системой

	ЭВМ	**Биологическая нейронная система**
Процессор	Сложный	Простой
	Высокоскоростной	Низкоскоростной
	Один или несколько	Большое количество
Память	Отделена от процессора	Интегрирована в процессор
	Локализована	Распределенная
	Адресация не по содержанию	Адресация по содержанию
Вычисления	Централизованные	Распределенные
	Последовательные	Параллельные
	Хранимые программы	Самообучение
Надежность	Высокая уязвимость	Живучесть
Специализация	Численные и символьные операции	Проблемы восприятия
Среда функционирования	Строго определенная	Плохо определенная
	Строго ограниченная	Без ограничений

Мозг работает более эффективно и принципиально другим образом, чем любая вычислительная машина, созданная человеком. Именно этот факт в течение стольких лет побуждает и направляет работы ученых всего мира по созданию и исследованию искусственных нейронных сетей (ИНС).

Сеть нейронов, образующая человеческий мозг, представляет собой высокоэффективную, комплексную, нелинейную, существенно параллельную систему обработки информации. Она способна организовать свои нейроны таким образом, чтобы реализовать восприятие образа, его распознание или управление движением, во много раз быстрее, чем эти задачи будут решены самыми современными компьютерами.

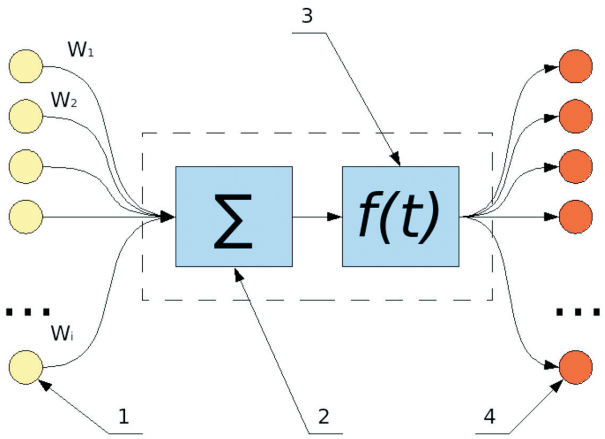
Еще в начале XX века испанский гистолог Сантьяго Рамон-и-Кахаль продемонстрировал научному сообществу, что нервная система состоит из отдельных клеток – нейронов, за что и был в 1906 году вместе с К. Гольджи удостоен Нобелевской премии по биологии. Постепенно выяснилось, что нейроны постоянно обмениваются электрохимическими сигналами с помощью специальных отростков – аксонов и дендритов, причем распространение сигналов строго направленное – по дендритам в клетку, а по аксону – из нее. Каждый нейрон связан с множеством других, и связи эти постоянно меняются – возникают, усиливаются, ослабевают или исчезают вовсе.

В 1943 году У. Мак-Каллок и У. Питс впервые предложили его математическую модель – искусственный нейрон.

Согласно этой модели искусственный нейрон, как и настоящий, имеет несколько входов и один выход. Все входные сигналы, поступающие в нейрон, сначала умножаются на определенные коэффициенты, называемые весами, затем суммируются, сумма преобразуется с помощью несложной функции и передается на выход. Ключевой элемент такой модели – веса. Именно они придают системе гибкость и позволяют настроиться на решение определенной задачи. Сигнал, который умножается на большой вес, дает большой вклад в общую сумму, а сигнал с нулевым весом не учитывается вовсе.

Искусственный нейрон — узел искусственной нейронной сети, представляющий собой упрощенную модель естественного нейрона. С математической точки зрения — это сумматор всех входящих сигналов, применяющий к полученной сумме некоторую простую, в общем случае, нелинейную функцию, называемую функцией срабатывания или передаточной функцией. Полученный результат посылается на единственный выход. Такие искусственные нейроны объединяют в сети — соединяют выходы одних нейронов с входами других, при этом полученные связи ранжируются (то есть коэффициент связи может быть разным).

Схема искусственного нейрона изображена на рис. 24.



1. Нейроны, выходные сигналы которых поступают на вход данному.
2. Сумматор входных сигналов.
3. Вычислитель передаточной функции.
4. Нейроны, на входы которых подается выходной сигнал.
5. W_i — *веса* входных сигналов.

Рис. 24. Схема искусственного нейрона

Математически нейрон представляет собой взвешенный сумматор, единственный выход которого определяется через его входы и матрицу весов следующим образом:

$$OUT = f(\sum_{i=1}^{n} w_i x_i + w_0 x_0)$$

Здесь x_i и w_i — соответственно сигналы на входах нейрона и веса входов. Возможные значения сигналов на входах нейрона всегда лежат в интервале [0,1], они могут быть либо дискретными (нуль или единица), либо аналоговыми. Дополнительный вход x_0 и соответствующий ему вес используется для инициализации нейрона. Под инициализацией подразумевается смещение активационной функции нейрона по горизонтальной оси, то есть формирование порога чувствительности нейрона. Кроме того, иногда к выходу нейрона специально добавляют некую случайную величину.

Передаточная функция является монотонно возрастающей в интервале [–1,1], либо на [0,1] и непрерывно дифференцируемой всей числовой оси. Искусственный нейрон полностью характеризуется своей передаточной функцией. Использование различных передаточных функций позволяет вносить нелинейность в работу нейрона и в целом нейронной сети.

Основные типы передаточных функций искусственного нейрона

Линейная передаточная функция (рис. 25)

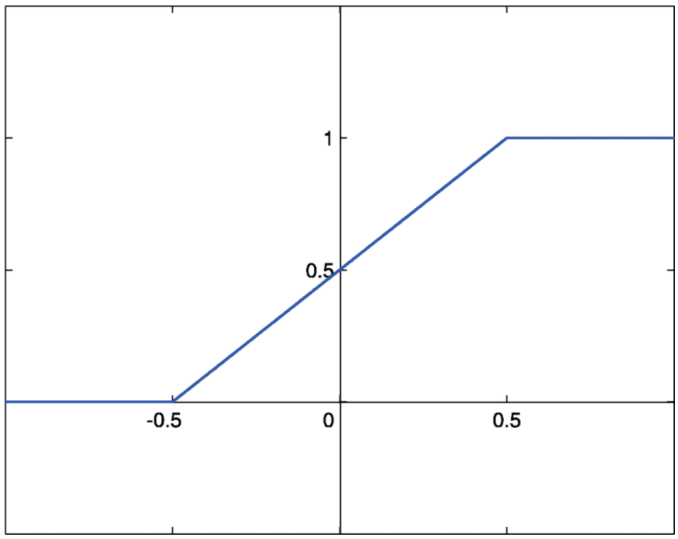


Рис. 25. Линейная функция активации

Сигнал на выходе нейрона линейно связан со взвешенной суммой сигналов на его входе. В искусственных нейронных сетях со слоистой структурой нейроны с передаточным функциями такого типа, как правило, составляют входной слой.

Пороговая передаточная функция (рис. 26)

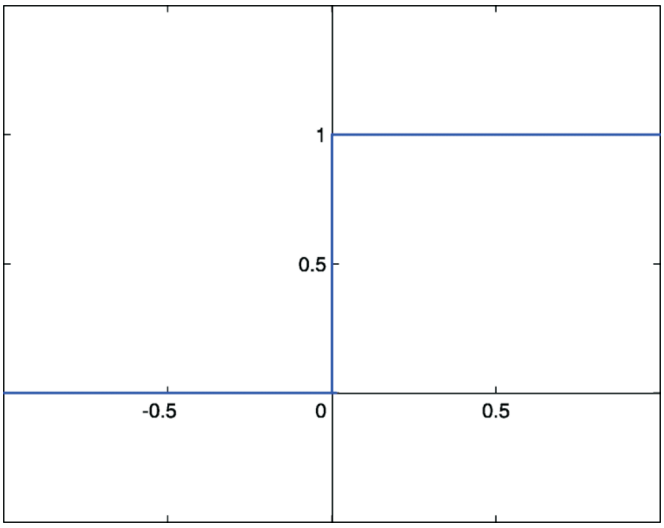


Рис. 26. Пороговая функция активации

Представляет собой перепад. До тех пор пока взвешенный сигнал на входе нейрона не достигает некоторого уровня «А» — сигнал на выходе равен нулю. Как только сигнал на входе нейрона превышает указанный уровень — выходной сигнал скачкообразно изменяется на единицу. Самый первый представитель слоистых искусственных нейронных сетей — перцептрон состоял исключительно из нейронов такого типа.

Сигмоидальная передаточная функция (рис. 27).

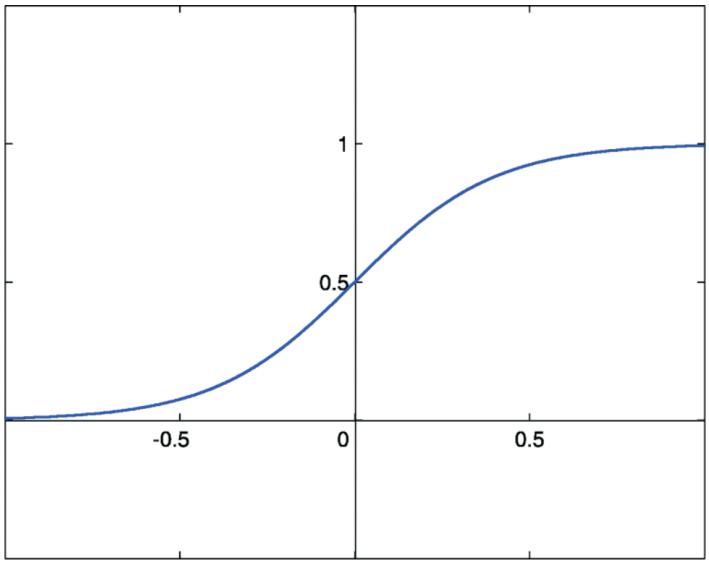


Рис. 26. Сигмоидальная функция активации

Один из самых часто используемых, на данный момент, типов передаточных функций. Введение функций сигмоидального типа было обусловлено ограниченностью нейронных сетей с пороговой функцией активации нейронов — при такой функции активации любой из выходов сети равен либо нулю, либо единице, что ограничивает использование сетей не в задачах классификации. Использование логистической функции позволило перейти от бинарных выходов нейрона к аналоговым. Функции передачи такого типа, как правило, присущи нейронам, находящимся во внутренних слоях нейронной сети.

Логистическая функция

Математически эту функцию можно выразить как $1/(1 – \exp(– x))$. Очевидно, что область значений данной функции находится в интервале [0;1] и при этом никогда не достигает ни нуля, ни единицы. Важным достоинством этой кривой является простота её производной, которая облегчает использование этой функции при обучении сети по алгоритму обратного распространения.

Гиперболический тангенс

Математически можно выразить как th(x). Существенным отличием гиперболического тангенса от логистической кривой является то, что его область значений лежит в интервале от [–1;1].

Перечисленные выше функции составляют лишь часть от множества передаточных функций, используемых на данный момент. В некоторых случаях в качестве передаточной функции используют тригонометрический синус, тангенс и т. д.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) является упрощенной моделью мозга. Она строится на основе искусственных нейронов, которые обладают тем же основным свойством, что и живые: пластичностью. Использование структуры мозга и пластичности нейронов делает ИНС универсальной системой обработки информации. В общем случае ИНС — это машина, моделирующая способ работы мозга. Обычно ИНС реализуются в виде электронных устройств или компьютерных программ.

Искусственная нейронная сеть — это параллельно распределенный процессор, который обладает естественной склонностью к сохранению опытного знания и возможностью предоставления его нам. Она сходна с мозгом в двух аспектах:

знание приобретается сетью в процессе обучения;

для сохранения знания используются силы межнейронных соединений, называемые также синаптическими весами.

Процедура, используемая для осуществления процесса обучения, называется алгоритмом обучения. Ее функция состоит в модификации синаптических весов ИНС определенным образом так, чтобы она приобрела необходимые свойства.

Традиционный цифровой компьютер способен успешно решать множество различных задач. Он делает это достаточно быстро и в точном соответствии с указаниями пользователя. К сожалению, он бессилен в ситуациях, когда сам пользователь не до конца понимает проблему, которую ему предстоит решить. Хуже того, стандартные алгоритмы не могут работать с «зашумленными» или неполными данными, при том что в реальной жизни зачастую приходится иметь дело именно с такой информацией. Здесь может помочь искусственная нейронная сеть — способная к обучению вычислительная система.

На сегодняшний день можно выделить четыре основные разновидности архитектуры ИНС (рис. 28).

1. Однослойные прямонаправленные сети.

2. Многослойные прямонаправленные сети. Они характеризуются наличием одного или нескольких скрытых слоев, осуществляющих преобразование информации. Нейроны скрытого слоя называются скрытыми нейронами или скрытыми узлами. Использование скрытых слоев позволяет ИНС осуществлять нелинейные преобразования вход-выход любой сложности или извлекать из входных данных статистические показатели высоких порядков. Эти уникальные свойства многослойных сетей особенно проявляются при высокой размерности пространства входных сигналов.

3. Рекуррентные сети. Этот тип ИНС отличается существованием обратных связей и элементов временной задержки сигнала. Наиболее простым случаем рекуррентной сети является один слой нейронов, охваченный обратными связями. При этом каждый нейрон получает задержанные выходные сигналы всех остальных нейронов.

4. Полностью связанные сети. Характерным признаком ИНС этого типа явля-

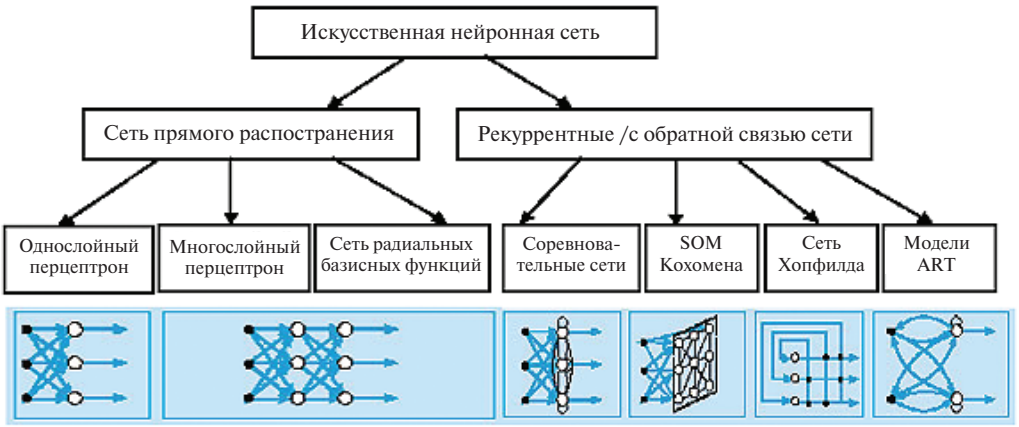


Рис. 28. Основные разновидности архитектуры ИНС

ется наличие связей между всеми нейронами. Наиболее известной разновидностью полностью связанных сетей являются сети Хопфилда. В них каждый нейрон имеет двусторонние связи со всеми остальными нейронами сети.

Сети прямого распространения являются статическими в том смысле, что на заданный вход они вырабатывают одну совокупность выходных значений, не зависящих от предыдущего состояния сети. Рекуррентные сети являются динамическими, так как в силу обратных связей в них модифицируются входы нейронов, что приводит к изменению состояния сети.

Как и их биологические прообразы, ИНС могут обучаться, то есть улучшать свою работу под воздействием окружающей среды, изменяющей ее параметры.

Первая искусственная нейронная сеть была создана в 1958 году психологом Френком Розенблатом. Она получила название *перцептрон* и была предназначена для моделирования деятельности мозга человека при обработке визуальных данных и при обучении распознаванию объектов. Впоследствии были разработаны аналогичные искусственные нейронные сети с целью изучения процесса познания.

Принцип действия искусственной нейронной сети состоит в формировании связей между множеством различных обрабатывающих элементов, каждый из которых служит аналогом одного нейрона в головном мозге биологического существа. Нейроны могут быть воспроизведены физически или смоделированы с помощью цифрового компьютера. Каждый нейрон получает множество входных сигналов, а затем, с учетом внутренней системы весовых коэффициентов, порождает один выходной сигнал, который, как правило, служит входным для другого нейрона.

Нейронную сеть можно разделить на три составные части.

Аналитическая часть собственно является чистой нейронной сетью из искусственных нейронов. Принимает входящую информацию от интерфейса восприятия. При необходимости подает информацию на воздействующий интерфейс.

Интерфейс восприятия. Занимается переводом информации от требуемых видов восприятия (сенсоры зрения, осязания, слуха, температурных датчиков, датчиков ускорения, дальномерных датчиков и любых других видов восприятия) в форму информации, используемую нейронами сети.

Интерфейс воздействия. Занимается переводом информации из формы, используемой нейронами, в форму сигналов управления органов воздействия (эффекторов) на окружающую среду.

В 1975 г. И. Фукушимой был создан *когнитрон* – самоорганизующаяся многослойная нейросеть, которая явилось плодом синтеза усилий нейрофизиологов и психологов, а также специалистов в области нейрокибернетики, совместно занятых

изучением системы восприятия человека. Данная нейронная сеть одновременно является как моделью процессов восприятия на микроуровне, так и вычислительной системой, применяющейся для технических задач распознавания образов.

Когнитрон состоит из иерархически связанных слоев нейронов двух типов — тормозящих и возбуждающих. Состояние возбуждения каждого нейрона определяется суммой его тормозящих и возбуждающих входов. Синаптические связи идут от нейронов одного слоя (далее слоя 1) к следующему (слою 2). Относительно данной синаптической связи соотвествующий нейрон слоя 1 является пресинаптическим, а нейрон второго слоя — постсинаптическим. Постсинаптические нейроны связаны не со всеми нейронами 1-го слоя, а лишь с теми, которые принадлежат их локальной области связей. Области связей близких друг к другу постсинаптических нейронов перекрываются, поэтому активность данного пресинаптического нейрона будет сказываться на все более расширяющейся области постсинаптических нейронов следующих слоев иерархии.

В 1980 г. была опубликована новая работа Фукушимы – *неокогнитрон*, который хотя и имеет много общих черт с его прародителем когнитроном, но одновременно он претерпел значительные изменения и усложнения, в соответствии с появлением новых нейробиологических данных. Он состоит из иерархии нейронных слоев, каждый из которых состоит из массива плоскостей. Каждый элемент массива состоит из пары плоскостей нейронов. Первая плоскость состоит из так называемых простых нейроклеток, которые получают сигналы от предыдущего слоя и выделяют определенные образы. Эти образы далее обрабатываются сложными нейронами второй плоскости, задачей которых является сделать выделенные образы менее зависимыми от их положения.

Нейроны каждой пары плоскостей обучаются реагировать на определенный образ, представленный в определенной ориентации. Для другого образа или для нового угла поворота образа требуется новая пара плоскостей. Таким образом, при больших объемах информации, неокогнитрон представляет собой огромную структуру с большим числом плоскостей и слоев нейронов. Простые нейроны чувствительны к небольшой области входного образа, называемой рецептивной областью (или что то же самое, областью связей). Простой нейрон приходит в возбужденное состояние, если в его рецептивной области возникает определенный образ. Рецептивные области простых клеток перекрываются и покрывают все изображение. Сложные нейроны получают сигналы от простых клеток, при этом для возбуждения сложного нейрона достаточно одного сигнала от любого простого нейрона. Тем самым, сложная клетка регистрирует определенный образ независимо от того, какой из простых нейронов выполнил детектирование, и, значит, независимо от его расположения.

По мере распространения информации от слоя к слою картинка нейронной активности становится все менее чувствительной к ориентации и расположению образа, и в определенных пределах, к его размеру. Нейроны выходного слоя выполняют окончательное инвариантное распознавание. Неокогнитрон успешно проявил себя при распознавании символов.

Нужно отметить, что структура этой сети необычайно сложна и объем вычислений очень велик, поэтому компьютерные модели неокогнитрона пока дороги для промышленных приложений.

Нейронные сети, построенные на искусственных нейронах, обнаруживают некоторые признаки, которые позволяют сделать предположение о сходстве их структуры со структурой мозга живых организмов. Тем не менее, даже на низшем уровне искусственных нейронов существуют существенные различия. Например, искусственный нейрон является безынерционной системой, то есть сигнал на выходе появляется одновременно с появлением сигналов на входе, что совсем нехарактерно для биологического нейрона.

В настоящее время используются три подхода к созданию нейросетей:

аппаратный — создание специальных компьютеров, плат расширения, наборов микросхем, реализующих все необходимые алгоритмы;

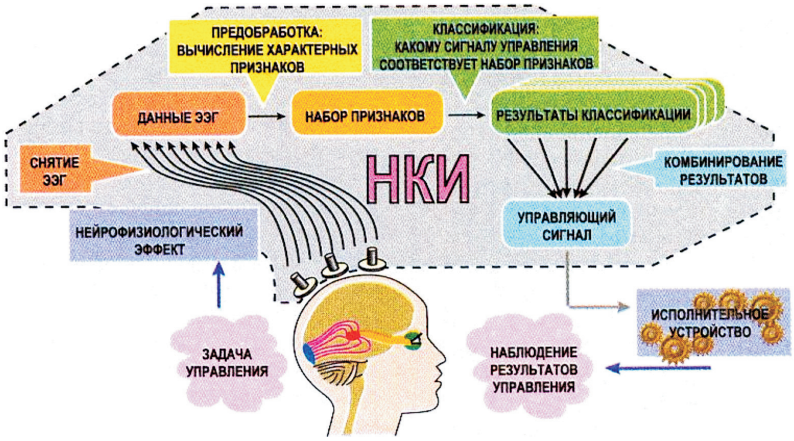


Рис. 29. Общая модель нейро-компьютерного интерфейса

программный — создание программ и инструментариев, рассчитанных на высокопроизводительные компьютеры. Сети создаются в памяти компьютера, всю работу выполняют его собственные процессоры;

гибридный — комбинация первых двух. Часть вычислений выполняют специальные платы расширения (сопроцессоры), часть — программные средства.

На рис. 29 представлена общая модель нейро-компьютерного интерфейса (НКИ).

Общая модель нейро-компьютерного интерфейса представляет собой замкнутый поток информации. При намерении совершить какое-либо действие у пользователя повышается электрическая активность соответствующих зон головного мозга. Эти сигналы снимаются электроэнцефалографом и в виде цифровых данных поступают в компьютер, где производится вычисление признаков сигнала, характерных для того или иного мысленного желания. Далее набор признаков разделяют по типам и компьютер вырабатывает команду, управляющую исполнительным устройством (компьютерной программой, инвалидной коляской, протезом и пр.). Пользователь в режиме реального времени наблюдает за реакцией системы на свое мысленное действие.

Многие исследователи неоднократно хотели научиться «читать мысли», пытаясь расшифровать электроэнцефалограмму. Но мешали технические причины: недостаточное пространственное разрешение электроэнцефалографов (то есть не удавалось в подробностях получить картину распределения потенциалов), а также отсутствие возможности хранить и обрабатывать в режиме реального времени огромные массивы данных.

В современных электроэнцефалографах используют множество поверхностных электродов из специального сплава, чувствительного к предельно малым токам. Электроды вмонтированы в эластичную тряпичную шапочку и снимают напряжения, возникающие между определенной точкой поверхности головы и некоторой контрольной точкой. Затем сигнал усиливают, преобразуют в цифровой вид и обрабатывают на компьютере.

Аппаратные и программные средства сопряжения называются интерфейсами (interface), что в дословном переводе с английского означает междуличие. Термин закрепился, и по сей день интерфейсами называют электрические разъемы, которые служат для присоединения клавиатуры, мыши, монитора и т.д. к системному блоку ПК. Интерфейс играет ту же роль, что переводчик в беседе людей разных национальностей.

Позже у слова «интерфейс» появился и другой смысл: им стали обозначать спо-

соб общения человека с компьютером, поэтому, чтобы не запутаться, новый термин зазвучал как «интерфейс пользователя».

Термин «нейро-компьютерный интерфейс»: это управление компьютером с помощью электрических сигналов головного мозга.

Нейрокомпьютеры

На основе нейронных сетей созданы нейрокомпьютеры.

Нейрокомпьютер — это вычислительная машина нового поколения, реализованная на основе специализированной элементной базы с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС).

В свою очередь, ИНС — это обучающаяся система, состоящая из множества однотипных, простых и взаимодействующих между собой процессоров (искусственных нейронов) и имитирующая работу нейронов человеческого мозга.

Обучение ИНС по Менделю и Макларену представляет собой «процесс, при котором свободные параметры нейронной сети адаптируются в результате ее непрерывной стимуляции внешним окружением». Таким образом, обучение ИНС, по сути, является аналогом программирования для обычных компьютеров. Методы обучения или, как еще говорят, тренировки или настраивания параметров нейронных сетей получили название нейропарадигм. Самые известные из них приведены в табл. 8. Одним из наиболее часто используемых методов обучения ИНС является алгоритм обратного распространения ошибки.

Таблица 8

Методы настройки параметров нейронных сетей

Название нейропарадигмы	**Где применяется**
Неокогнитрон	Для распознавания рукописного текста и иероглифов
Сеть Хопфилда	Для поиска и восстановления данных по их фрагментам
Машина Больцмана	Для распознавания изображений и сигналов радаров
Обратное распространение ошибки	Для синтеза речи, контроля движения роботов, оценки эффективности капиталовложений

Архитектурой нейрокомпьютера является структура с параллельными потоками одинаковых команд и множественным потоком данных, которая обеспечивает высокий параллелизм расчетов. Один из отцов теории ИНС М. Минский выдвинул гипотезу, согласно которой производительность обычной параллельной вычислительной системы из N процессоров растет пропорционально логарифму N, в то время как применение нейросистем позволяет увеличить быстродействие не в логарифм N раз, а в N раз.

Нейрокомпьютинг — это научное направление, занимающееся разработкой вычислительных систем шестого поколения — нейрокомпьютеров, которые состоят из большого числа параллельно работающих простых вычислительных элементов (нейронов). Элементы связаны между собой, образуя нейронную сеть. Они выполняют единообразные вычислительные действия и не требуют внешнего управления. Большое число параллельно работающих вычислительных элементов обеспечивают высокое быстродействие. В настоящее время разработка нейрокомпьютеров ведется в большинстве промышленно развитых стран.

Нейрокомпьютеры позволяют с высокой эффективностью решать целый ряд интеллектуальных задач. Это задачи распознавания образов, адаптивного управле-

ния, прогнозирования, диагностики и т.д. Нейрокомпьютеры отличаются от ЭВМ предыдущих поколений не просто большими возможностями. Принципиально меняется способ использования машины. Место программирования занимает обучение, нейрокомпьютер учится решать задачи.

Вычисления в нейронных сетях существенно отличаются от традиционных, в силу высокой параллельности их можно рассматривать как коллективное явление. В нейронной сети нет локальных областей, в которых запоминается конкретная информация. Вся информация запоминается во всей сети.

Отличия нейрокомпьютеров от вычислительных устройств предыдущих поколений:

параллельная работа очень большого числа простых вычислительных устройств обеспечивает огромное быстродействие;

нейронная сеть способна к обучению, которое осуществляется путем настройки параметров сети;

высокая помехо— и отказоустойчивость нейронных сетей;

простое строение отдельных нейронов позволяет использовать новые физические принципы обработки информации для аппаратных реализаций нейронных сетей.

Разработки в области нейрокомпьютинга ведутся по следующим направлениям:

разработка нейроалгоритмов;

создание специализированного программного обеспечения для моделирования нейронных сетей;

разработка специализированных процессорных плат для имитации нейросетей;

электронные реализации нейронных сетей;

оптоэлектронные реализации нейронных сетей.



Рис. 29. Задачи, решаемые ИНС

В настоящее время наиболее массовым направлением нейрокомпьютинга является моделирование нейронных сетей на обычных компьютерах, прежде всего персональных. Моделирование сетей выполняется для их научного исследования, для решения практических задач, а также при определении значений параметров электронных и оптоэлектронных нейрокомпьютеров.

Нейровычислители и ИНС могут быть использованы для решения большого класса сложных (плохо формализованных) задач из различных областей человеческой жизни. В частности, нейрокомпьютерные технологии успешно применяются при анализе потребительского рынка, проектировании и оптимизации сетей связи, распознавании речи, управлении ценами и производством, исследовании спроса, обслуживании кредитных карт, медицинской диагностике, обнаружении фальсификаций, распознавании символов и т.д. Типовые задачи, решаемые с помощью нейронных сетей и нейрокомпьютеров, представлены на рис. 29.

Пока существует потребность в высокопроизводительных вычислителях, нейрокомпьютеры не останутся без работы. Область их применения расширяется и будет расширяться, потому что эти мощные вычислительные машины являются самым успешными ЭВМ нового поколения.

Самыми известными «полноценными» коммерческими нейрокомпьютерами являются: Synapse-1 компании Siemens Nixdorf, «Силиконовый мозг» (США) и «Эмбрион» (Россия).

Сеть можно применять в ситуации, когда имеется определенная информация и требуется из нее получить некоторую неизвестную информацию. Вот некоторые важные примеры задач, в которых были успешно решены нейросетевые методы.

1.**Распознавание состояния больного.**

Применение классических статистических методов описано еще в работах Неймана. С помощью медицинской аппаратуры можно наблюдать за различными показателями состояния здоровья человека (например, частотой пульса, содержанием различных веществ в крови, частотой дыхания). Стадии возникновения некоторой болезни может соответствовать определенная и весьма сложная (например, нелинейная и взаимозависимая) комбинация изменений наблюдаемых переменных, которая может быть обнаружена с помощью нейросетевой модели.

2.**Прогнозирование на фондовом рынке.**

Колебания цен на акции и фондовых индексов — еще один пример сложного, многомерного, но в определенных ситуациях, частично прогнозируемого явления. Многие финансовые аналитики используют нейронные сети для прогнозирования цен акций на основе многочисленных факторов, например, прошлого поведения цен этих и других акций в совокупности с различными другими экономическими показателями. В качестве альтернативных вариантов здесь применяются модели авторегрессии и технический анализ.

3.**Предоставление кредита.**

Как правило, у банка имеется большой набор сведений о человеке, обратившемся с просьбой о предоставлении кредита. Это могут быть его возраст, образование, род занятий и многие другие данные. Обучив нейронную сеть на уже имеющихся данных, аналитик может определить наиболее существенные характеристики, и на их основе отнести данного клиента к категории с высоким или низким кредитным риском. Заметим, что для решения подобных задач можно параллельно использовать и классические методы, такие как дискриминантный анализ и деревья классификации.

4.**Системы слежения за состоянием оборудования.**

Нейронные сети оказались полезны как средство контроля состояния механизмов. Нейронная сеть может быть обучена так, чтобы отличить звук, который издает машина при нормальной работе («ложная тревога») от того, который является предвестником неполадок. После такого обучения нейронная сеть может предупреждать инженеров об угрозе поломки до того, как она случится и тем самым исключать неожиданные и дорогостоящие простои.

5.**Управление работой двигателя.** Нейронные сети используются для анализа сигналов от датчиков, установленных на двигателях. С помощью нейронной сети можно управлять различными параметрами работы двигателя, чтобы достичь определенной цели, например, уменьшить потребление горючего.

В настоящее время архитектура фон Неймана уже не может удовлетворить все нарастающие потребности в высокопроизводительных вычислительных системах. Поэтому все большее внимание уделяется принципиально новым способам организации вычислительного процесса, которые позволяют достигнуть максимально возможного параллелизма расчетов. Одной из перспективных на сегодняшний день идей является моделирование работы человеческого мозга, реализованное в нейрокомпьютерах. Однако им придется пройти еще длинный путь в своем развитии, т.к. львиная доля всех наработок в этой области пока остается невостребованной.

Можно предположить, что продвижения в нейробиологии вызовут настоящий прорыв в области нейрокомпьютерных технологий. Многие ученые склонны полагать, что запуск человека в космос или создание водородной бомбы на фоне такого триумфа покажутся не такими уж впечатляющими достижениями, какими мы считаем их сегодня.

Ускорение технического прогресса — основная особенность XX века. Мы на грани перемен, сравнимых с появлением на Земле человека. Сугубая причина этих пере-

мен заключается в том, что развитие техники неизбежно ведёт к созданию сущностей с интеллектом, превышающим человеческий.

Машинно-человеческий интерфейс станет настолько тесным, что интеллект пользователей можно будет обоснованно считать сверхчеловеческим.

Ряд ученых полагает, что интеллект, превосходящий человеческий, появится в течение ближайших тридцати лет.

Каковы будут последствия этого события? Когда прогресс будет направляться интеллектом, превосходящим человеческий, он станет куда стремительнее. Фактически нет оснований полагать, что прогресс не станет плодить всё более разумные сущности всё более ускоренными темпами. Лучшая аналогия, которую можно здесь провести — в эволюционном прошлом. Животные могут приспособиться и проявлять изобретательность, но не быстрее, чем работает естественный отбор. В случае естественного отбора мир сам выступает в роли собственного симулятора. Мы, люди, обладаем способностью усваивать окружающий мир и выстраивать у себя в голове причинно-следственные связи, поэтому мы решаем многие проблемы в тысячи раз быстрее, чем механизм естественного отбора. Когда же появится возможность просчитывать эти модели на более высоких скоростях, мы войдём в режим, который отличается от нашего человеческого прошлого не менее радикально, чем мы, люди, сами отличаемся от низших животных.

Такое событие аннулирует за ненадобностью весь свод человеческих законов, возможно, в мгновение ока. Неуправляемая цепная реакция начнет развиваться по экспоненте безо всякой надежды на восстановление контроля над ситуацией. Изменения, на которые, как считалось, потребуются «тысячи веков» (если они вообще произойдут), скорее всего произойдут в ближайшие сто лет.

6.4. Философские аспекты искусственного интеллекта

Основная философская проблема в области искусственного интеллекта – возможность или не возможность моделирования мышления человека. В случае если когда-либо будет получен отрицательный ответ на этот вопрос, то все остальные вопросы не будут иметь не малейшего смысла. Как правило, исследователи в области искусственного интеллекта по роду своей деятельности являются оптимистами и не только дают положительный ответ, но и приводят некоторые доводы.

1. Первое доказательство является схоластическим и доказывает непротиворечивость искусственного интеллекта и Библии. По-видимому, даже люди далекие от религии, знают слова священного писания: «И создал Господь человека по образу и подобию своему ...». Исходя из этих слов, мы можем заключить, что поскольку Господь, во-первых, создал нас, а во-вторых, мы по своей сути подобны ему, то мы вполне можем создать кого-то по образу и подобию человека.

2. Создание нового разума биологическим путем для человека дело вполне привычное. Наблюдая за детьми, мы видим, что большую часть знаний они приобретают путем обучения, а не как заложенную в них заранее. Данное утверждение на современном уровне не доказано, но по внешним признакам все выглядит именно так.

3. То, что раньше казалось вершиной человеческого творчества – игра в шахматы, шашки, распознавание зрительных и звуковых образов, синтез новых технических решений, на практике оказалось не таким уж сложным делом (теперь работа сводится не к исследованию уровня возможности или невозможности реализации перечисленного, а к нахождению наиболее оптимального алгоритма). Есть надежда, что и полное моделирование мышления человека окажется не таким уж и сложным делом.

Следующим философским вопросом искусственного интеллекта является цель создания. В принципе все, что мы делаем в практической жизни, обычно направлено на то, чтобы больше ничего не делать.

Допустим, что человек сумел создать интеллект, превышающий свой собственный (пусть не качеством, так количеством). Что теперь будет с человечеством? Какую

роль будет играть человек? Для чего он теперь нужен? И вообще, нужно ли в принципе создание ИИ?

Возможно, самым приемлемым ответом на эти вопросы является концепция «усилителя интеллекта» (УИ). Уже сейчас используются и неживые УИ – например мы не могли бы предсказать погоду без компьютеров, при полетах космических кораблей с самого начала использовались бортовые счетно-решающие устройства.

В тоже время, интеллектуальная система вполне могла бы иметь свои желания, и поступать не так, как нам хотелось бы. Таким образом, перед нами встает еще одна проблема – проблема безопасности.

Именно научно-технический прогресс играл и продолжает играть огромную роль в процессе формирования цивилизации. Если это так, то чем крупнее научное открытие, тем круче оно изменяет всю нашу жизнь. ИИ — это не просто очередное крупное научно-техническое достижение. Это нечто фундаментальное. Суть всех прежних технических новинок (даже компьютеров) в конечном итоге сводится к разгрузке человека от рутинной работы (как умственной, так и физической). ИИ позволит избавить его и от процесса логического вывода.

А стоит ли вообще создавать искусственный интеллект, может просто закрыть все работы в этой области? Единственное, что можно сказать по этому поводу – если искусственный интеллект можно создать, то рано или поздно он будет создан. Как говорил знаменитый британский физик Стивен Хоукинг, если мы хотим, чтобы биологические организмы по-прежнему превосходили электронные, нам придётся поискать способ объединить компьютеры и человеческий мозг, либо попытаться искусственным путём усовершенствовать собственные гены.

Вместе с тем, неправильно было бы игнорировать удивительное сходство в функционировании тех же нейронных сетей с человеческим мозгом. Эти возможности наводят на мысль, что глубокое проникновение в человеческий интеллект, а также получение возможности формировать значительно большие сети, объединять их в системы, может, в конечном счете, вылиться во что-то более совершенное. И что же? В конце концов, мы получим искусственный разум, который будет за нас думать и придумывать великолепных слуг-роботов, свободных от человеческих страстей и эмоций, которые не будут требовать пищи, зрелищ и бытовых удобств? Единственной их заботой будет работа и служба человечеству?

Как считают некоторые ученые, развитие электронного мозга на этом не остановится. Наступит стадия самосовершенствования, которая пойдет намного быстрее эволюции человеческого мозга путем биологического отбора. Усовершенствование биологической системы, на которое человек тратит сотни лет, у электронного мозга займет не более нескольких месяцев. За короткое время электронный мозг превзойдет человеческий во много раз. Он сможет пользоваться всей базой данных, суммой знаний, накопленных человечеством за свою историю, и процесс обучения любой отрасли знания или языку будет занимать ровно столько, сколько занимает перезапись в свою память этих баз данных.

Следуя этой логике, как только электронный мозг превзойдет человеческий уровень, само человечество выполнит свою историческую миссию и будет никому не нужно. Есть закон непрерывного усложнения систем (т.е. неизбежного возникновения систем более высокого уровня), обладающих свойством воспроизводства себе подобных. Этот закон и привел к созданию человеческого разума, сегодня — наивысшего разума.

В истории ведь не было ситуации, когда высший умственный уровень был слугой у более низкого уровня. Мы не служим прислугой у ближайших предков — человекообразных обезьян. Более того, используем этих обезьян для медицинских опытов. А как к человечеству будет относиться цивилизация, построенная на совершенно другом, несравненно более высоком электронном принципе? Может быть точно так же.

Написано большое число научно-фантастических повестей, где авторы пытаются представить картину появления, развития и экспансии чего-то боле развито-

го, могущественного и совершенного, чем человек. Так, повесть Семёна Слепынина «Звёздные берега» – повесть о том, как одна из цивилизаций доверила управление функциями городской инфраструктуры суперкомпьютеру, который, постепенно совершенствуясь, приобрёл полную автономность, превратился в «электронную гармонию», захватил всю власть и стал управлять своим супергородом, постепенно добиваясь деградации человека.

Фильм «Матрица» – об искусственном интеллекте, тоже созданном людьми, победившем человечество и незаметно для людей подменившем их реальную жизнь виртуальным миром (матрицей).

Фантастические проекты, благодаря которым человек приобретал новые качества, описывались многократно — человек-невидимка, человек-амфибия, человек, который не спит, человек, который видит чужие сны, человек, проходящий сквозь стены, человек, видящий электричество, человек с безграничной памятью. Компьютерный век вывел эти проекты из безмятежной литературной заводи.

Самое главное в «Матрице» — это переселение человека из реального мира в компьютерную программу. Для этого необходимо сознание человека и психику полностью, без малейших купюр записать на микрочип. Человек начинает жить в компьютерной программе и не факт, что вернется в реальный мир. Но и в нем есть технологии, которые позволяют материализовать избранную человеко-программу из компьютера.

Одна из аксиом информатики, сформулированная академиком Виктором Глушковым, гласит, что информация инвариантна относительно своего материального носителя. И поэтому нет принципиальных препятствий, чтобы информация из мозга была скопирована на другой физической основе. Попутно это открывает возможность к многократному переселению личности, иначе говоря, к бессмертию.

На Западе в последние годы бурно развивается наука «сеттлеретика» (settler — переселенец), ключевыми стали термины uploading и downloading (загрузка и разгрузка) для технологии считывания личности при переносе с биологической на компьютерную матрицу. По прогнозам, работы могут быть реализованы на практике к 2020–2030 гг.

Что делать? Уничтожить все компьютеры и другие интеллектуальные системы? Это так же невозможно, как невозможно запретить прогресс науки и техники. Удерживать электронный сверхмозг под контролем? Но это то же самое, чем была бы попытка обезьян держать под контролем человека. Не кончится ли дело тем, что человека загонят в зоопарк, а миром будет править всеобщий мозг а-ля Солярис?

Артур Кларк прогнозировал появление искусственного разума уже к середине 1990 года, но потом отнес его появление к 2020 году.

Знаменитый американский изобретатель и футуролог Рей Курцвайль в своих книгах, таких, например, как «The Age of Spiritual Machines» или «The Singularity is Near» рисует будущее, в котором искусственный и человеческий разум становятся все более тесно связанными друг с другом, что, в конечном итоге, делает людей умнее и лучше. По его словам, технологии способны не просто расширить границы нашего интеллекта, но и помочь человеку раздвинуть рамки собственной эмоциональной устойчивости, а также поспособствовать тому, чтобы с моральной точки зрения он стал, наконец, достоин звания человека разумного. Ключом к восприятию философии Курцвайля служит разработанное им положение, которое он называет законом ускорения возврата вложений. Согласно этому постулату, число внедряемых в нашу жизнь технологий будет расти не линейно, а экспоненциально, что, в свою очередь, приведет к тому, что те перспективные разработки, работа над которыми как нам кажется, ведется сейчас черепашьими темпами, на самом деле появятся в нашей жизни гораздо раньше, чем мы этого ожидаем, а их дальнейшее поступательное развитие может в сравнительно близкой перспективе вызвать и негативные последствия. В качестве доказательства своей теории он приводит пример того, что компьютеры, которыми, по сути, являются наши мобильные телефоны, в миллионы раз дешевле, в тысячи раз производительнее и при этом в сотни тысяч раз компактнее, чем те машины,

которые стояли в лабораториях Массачусетского технологического института в 1965 году. Таким образом, поясняет он, за последние 40 лет эффективность этих устройств в пересчете на единицу стоимости возросла в миллиарды раз. Курцвайль добавляет, что тенденция ускорения сохраняется, и следующее миллиардное увеличение отдачи произойдет уже в течение двадцати пяти лет. А сами вычислительные машины станут еще в сто тысяч раз более миниатюрными.

По мнению Курцвайля, человечество в настоящее время находится на пороге великих открытий, которые коренным образом изменят процесс взаимодействия людей и машин. В частности, к 2029 году можно ожидать появления нанороботов, способных обмениваться информацией непосредственно с нейронами головного мозга человека. Вживление таких устройств позволит людям запоминать огромное количество данных и с огромной скоростью просчитывать комбинации. Более того, благодаря нанороботам взаимодействовать со Всемирной сетью можно будет напрямую через нервную систему, без каких-либо вспомогательных устройств. Курцвайль также подчеркивает, что речь не идет о захвате искусственным интеллектом власти над всем человечеством, как это часто происходит в фантастических фильмах. По словам изобретателя, вероятнее всего, в будущем произойдет слияние человека и машин.

Есть ученые, которые считают, что появление машин, превосходящих нас по интеллекту, — закономерный итог развития нашей технократической цивилизации. Неизвестно, куда бы привела нас эволюция, если бы люди пошли по биологическому пути — занялись улучшением структуры человека, его качеств и свойств. Науку запретить нельзя.

Искусственный интеллект не должен повторять человеческий. Он будет гораздо лучше, умнее. Ведь мы до сих пор не знаем, как работает мозг, только догадываемся. А компьютер вообще работает не так. Он фактически превращает любой алгоритм в поток сравнений — и делает выбор. В будущем же, когда появятся молекулярные, плазменные или другие компьютеры, вообще неизвестно, каким путем пойдет развитие. Ведь если удастся смоделировать все функции мышления, если у такого устройства появится возможность осознавать себя, оно будет самовоспроизводиться, то это будет та же эволюция человека, только на другой — небиологической — основе. Тогда человек будет другой, более совершенный. Новая раса людей, в отличие от нас, гораздо более живучая, практически вечная, поскольку все их детали можно будет заменять.

6.5. Робототехника

Важнейшим направлением развития систем ИИ является робототехника. В чем основное отличие интеллекта робота от интеллекта универсальных вычислительных машин?

Вспомним высказывание великого русского физиолога И.М.Сеченова: «Все бесконечное разнообразие внешних проявлений мозговой деятельности сводится окончательно лишь к одному явлению — мышечному движению». Другими словами, вся интеллектуальная деятельность человека направлена, в конечном счете, на активное взаимодействие с внешним миром посредством движений. Точно так же интеллект робота служит, прежде всего, для организации его целенаправленных движений. Основное же назначение чисто компьютерных систем ИИ — решение интеллектуальных задач, носящих абстрактный или вспомогательный характер, обычно не связанных ни с восприятием окружающей среды искусственными органами чувств, ни с движениями механизмов.

Робототехника (от *робот* и *техника*; англ. robotics) — прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем (роботов).

В течение всей истории человечество в своем воображении создавало машины, наделенные способностью чувствовать (по крайней мере, частично). В древних греческих мифах бога огня Гефеста сопровождали, помогая ему, две живые статуи из

чистого золота. Позднее он построил бронзового гиганта Талуса для охраны острова Крит от вражеского нашествия. Примерно в 1500 г. Леонардо да Винчи построил для Людовика XII механического льва, который при въезде короля в Милан выдвигался, раздирал когтями грудь и показывал герб Франции. Такие постоянно усложняющиеся механические автоматы оставались модными и на протяжении последующих четырех столетий. Но слово «робот» вошло в английский язык лишь в начале двадцатого века после того, как появилась пьеса Карела Чапека «.R U. R.» (Россумские универсальные роботы). В пьесе «роботы» выращивались биологическим путем, и их нельзя было отличить от людей, разве что только по отсутствию эмоций. Сам термин был образован от чешского слова «работа", означающего принудительный труд, и от слова «работник», означающего раб. Хотя эти создания в пьесе получили бы сегодня скорее название «андроиды», чем «роботы» (которые, как теперь считается, должны быть механическими), неправильное употребление этого слова стало повсеместным.

Сейчас приняты различные определения роботов. Как правило, роботами называют механизмы, которые целиком или частично имитируют человека—внешность, действия, иногда то и другое.

Что же касается определений промышленного робота, то они различаются по степени общности. Например, Японская ассоциация промышленных роботов подразделяет роботы по уровню сложности на шесть классов: ручные манипуляторы; устройства типа «взять-положить»; программируемые манипуляторы; роботы, обучаемые вручную; роботы, управляемые на языке программирования; роботы, способные реагировать на окружающую среду.

В Европе и США термин «промышленный робот» не включает первые два класса японской трактовки. Британская ассоциация по робототехнике (БАР) определяет робот как «перепрограммируемое устройство, предназначенное для манипулирования и транспортировки деталей, инструментов или специализированной технологической оснастки посредством вариабельных программируемых движений по выполнению конкретных производственных задач». Определение, используемое Американским институтом по робототехнике, в основном схоже с трактовкой БАР и характеризует робот как «перепрограммируемый многофункциональный манипулятор, предназначенный для перемещения материалов, деталей, инструментов или других специальных устройств посредством программируемых движений для выполнения разнообразных задач».

Таким образом, термином «робот», как он трактуется на Западе, не охватываются такие устройства, как дистанционно управляемые манипуляторы (телеоператоры), искусственные конечности, основанные на принципах бионики, или протезы, поскольку эти устройства управляются человеком, хотя они и основаны на той же технологии, что и роботы. Отнесение японцами к роботам устройств типа «взять-положить» и ручных манипуляторов серьезно затрудняет сравнение статистики производства и использование роботов в Японии, Западной Европе и США. Однако для того чтобы преодолеть эту путаницу, японцы предложили термин мехатроника, делающий акцент на взаимосвязи механики и электроники как главной особенности всех видов этой техники.

Первоначально под роботом почти всегда понимался человекообразный робот. Так было до изобретения первых роботов, так по традиции продолжают говорить сейчас. Когда неспециалист говорит о нечеловекообразном роботе, более употребительным является термин автомат. Современные роботы, за редким исключением, не бывают человекообразными.

В настоящее время уровень развития, которого достигли промышленные роботы, лучше всего характеризуется понятием «механическая рука», прикрепленная к полу, стене, потолку или к машине, снабженная специальным рабочим органом, которым может быть захват или какой-нибудь инструмент, например сварочный или покрасочный пистолет. Рука приводится в движение гидравлическим, электрическим, а иногда и пневматическим приводом в заранее запрограммированной последовательности движений под управлением контроллера (управляющего устройства),

который, как правило, основан на микропроцессоре и способен определять положение руки благодаря устройствам обратной связи в каждом узле.

Роботов обычно программируют операторы, передвигая руку в нужной последовательности либо путем воспроизведения этой последовательности с помощью устройства дистанционного управления. Некоторые сложные роботы могут программироваться непосредственно голосом, отдачей приказаний передвинуться на заданное расстояние и в заданном направлении. Новейшие образцы роботов оснащены сенсорной обратной связью и способны реагировать на происходящее в непосредственной близости от них. Для увеличения протяженности рабочего пространства, в котором может действовать рука, роботы устанавливают на направляющие или рамы и тем самым сообщают им ограниченную подвижность.

Первым современным роботом стал Unimate, робот с механической рукой, разработанный для General Motors в 1961, выполнявший последовательность действий, записанную на магнитный барабан.

Активное производство роботов началось в 1970-е годы. Прежде всего, они стали использоваться в производстве, для выполнения однообразных (и часто опасных) операций. Больше всего промышленных роботов используется в автомобильной промышленности, где они работают на штамповочных и сварочных участках, в покрасочных камерах, на сборке. Разумеется, роботы не могли сразу заменить людей в промышленности, но доля человеческого труда в производстве с тех пор неуклонно сокращается. Полностью автоматизированные фабрики, такие как фабрика IBM для сборки клавиатур в Техасе, называются «фабрики без освещения». Люди там уже не нужны: абсолютно всё производство, от момента выгрузки материалов и до получения готовой продукции у погрузочных ворот, полностью роботизировано и может работать круглосуточно и без выходных.

Сегодня в мире используются миллионы роботов. Применение им нашлось практически во всех сферах человеческой деятельности. Роботы управляют самолётами и поездами, спускаются в жерла вулканов и на дно океана, помогают в строительстве космической станции, в сборке автомобилей и производстве микрочипов, охраняют здания, используются военными для разведки и разминирования, помогают спасателям искать людей под завалами. Нет такой области, в которой человек не попытался создать себе автоматического помощника.

На производстве работают сотни тысяч роботов, но гораздо больше их трудится за пределами фабричных цехов. Автономные роботы, обладающие свободой передвижения, включают в себя автономные летательные аппараты, существуют роботы-сапёры (Mini-Andros), роботы-газонокосилки (Robomower), роботы-курьеры (HelpMate), доставляющие лекарства и документы в некоторых больницах, и т. д.

Развлекательные роботы появились с выходом на рынок Aibo, робособаки от Sony. Теперь многие игрушки наделяются зачатками интеллекта – процесс, который скоро приведёт к появлению действительно разумных игрушек. Роботы-тюлени и роботы-кошки повышают настроение пожилых людей в японских домах престарелых. Начинается использование роботов для обучения и развлечения детей в детских садах и школах США и Южной Кореи.

В начале 2000-х роботы проникли в сферу домашнего хозяйства (что было предсказано футуристами в 60-е годы): газонокосилки, роботы пылесосы и мойщики пола. iRobot продала уже несколько миллионов робопылесов Roomba. Поумнели и неподвижные машины: стиральные, посудомоечные и т. п. Домашние роботы быстро входят в нашу жизнь. Скоро (примерно к 2015-2020 году) в среднем «умном» доме будет несколько интеллектуальных предметов бытовой техники и несколько автономных роботов.

Роботы ближайшего будущего

Всё больше производственных операций будет роботизироваться. Использование программируемого производства (custom manufacturing) потребует универсаль-

ных мобильных роботов, способных не только выполнять заранее заданный набор операций на рабочем месте, но и свободно передвигаться по производственным помещениям, переносить между рабочими местами компоненты и готовые изделия и гибко реагировать на изменения в производственном процессе. Скоро такие физически простые дела как работа аптекаря или библиотекаря в книгохранилище будут отданы роботам.

Большое количество почти полностью роботизированных фабрик и заводов начнёт появляться к 2020. К 2010–2015 роботы начнут активно использовать в сельском хозяйстве. Специализированные роботы, помогающие человеку в тяжёлой физической работе (но не полностью автономные) появятся к 2015 году. Роботов на улицах наших городов мы увидим уже к 2010–2015 году. Это будут роботы-уборщики, роботы-погрузчики.

Большая часть транспорта будет автоматизированной к 2020-2030 году. Сегодняшние автомобили значительно поумнеют: сперва они будут лишь помогать водителям выполнять некоторые операции (сложная парковка, контроль за безопасностью, движение по шоссе), но потом они возьмут на себя весь процесс вождения. Чуть раньше мобильные роботы появятся в транспортной отрасли (например, погрузочные) и горнодобывающей. Мы увидим полностью автоматизированные логистические терминалы.

Роботы будут всё больше использоваться в медицине. В некоторых областях они уже могут работать более эффективно, с большей точностью и меньшей вероятностью ошибки, чем доктора люди. Скоро можно будет совместить робохирургов с технологиями диагностирования (экспертные системы уже давно используются для постановки диагнозов, анализа рентгеновских снимков и т. п.). В этой области робототехника соприкасается с телехирургией, удалёнными операциями, выполняемыми человеком по видеосвязи. К 2020 году значительная часть операций будет выполняться роботами, а первые микророботы начнут вести наблюдения над здоровьем людей внутри их тел.

Первых роботов трудно было назвать интеллектуальными. Только в 60-х годах появились «чувствующие» роботы, которые управлялись универсальными компьютерами. В 1969 году в Японии начались работы над проектом промышленного интеллектуального робота. Цель — создание манипуляционного робота с элементами искусственного интеллекта для выполнения сборочно-монтажных работ с визуальным контролем. Манипулятор робота был оснащен тактильными датчиками, имел шесть степеней свободы и управлялся мини-ЭВМ. ЭВМ формировала требуемое движение, а отрабатывала его следящая электрогидравлическая система.

Зрительное восприятие обеспечивали две телевизионные камеры с красно-зелено-синими фильтрами — для распознавания цвета. Поле зрения телевизионной камеры было разбито на 4000 ячеек. Сначала она грубо определяла область, где находился интересующий робота предмет. Затем эта область вновь делилась на 4 тысячи ячеек — для детального изучения. Если предмет не помещался в окошко, оно автоматически перемещалось — так человек скользит взглядом по предмету. Японский робот был способен распознавать простые предметы, ограниченные плоскостями и цилиндрическими поверхностями, при специальном освещении.

Постепенно характеристики роботов улучшались. Но до сих пор они еще далеки по понятливости от человека, хотя некоторые операции уже выполняют на уровне жонглеров. К примеру, удерживают на лезвии ножа шарик для настольного тенниса.

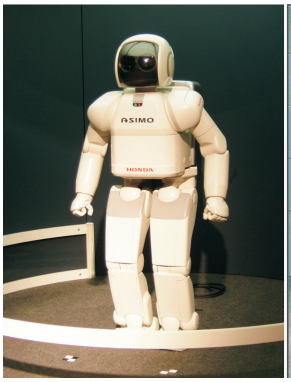
По многим функциям роботы уже опережают человека. С роботом бесполезно играть в любые игры. Роботы быстрее доказывают теоремы и вообще многое, что связано с логическими моделями, у них получается лучше.

Роботы отстают, прежде всего, в понимании естественного языка. Когда имеется несколько значений той или иной фразы, человек по контексту легко находит нужный смысл, компьютер же выдает множество различных вариантов, но не может выбрать из них правильный.

С двигательной активностью у них тоже большие проблемы. Хотя андроиды двигаются все лучше и лучше, до человека им все еще далеко. Даже зная, как работает мышца, мы не в силах ее воспроизвести: так сложно она устроена. Поэтому пока приходится использовать моторы, механические тяги. Естественно, все это работает хуже, чем живые организмы. Неважно обстоит дело и со способностью учиться, осваивать новое.

Самым продвинутым на сегодняшний день человекоподобным роботом является японский робот ASIMO (Advanced Step in Innovative Mobility). На первый взгляд создать двуногого робота, способного передвигаться по-человечески, не так сложно: достаточно просто записать движения человека и заставить машину их повторить. На самом деле процесс передвижения человека намного сложнее, чем мы привыкли его представлять. В ходьбе участвуют не только ноги, но и руки, плечи, спина, шея и даже голова, которые двигаются синхронно и помогают удерживать равновесие. Состояние поверхности и свое положение в пространстве человек непрерывно отслеживает с помощью многочисленных органов чувств: отолиты и полукружные каналы внутреннего уха (вестибулярный аппарат) отвечают за линейные и угловые ускорения; ощущение напряжения в мышцах сообщает человеку о текущем положении конечностей и скорости их перемещения (считается, что в мозгу человека есть так называемая модель тела); тонкие осязательные ощущения в ступнях создают представление о характере поверхности под ногами. Длина и направление шагов изменяются при разгоне, торможении, повороте. Человек на бессознательном уровне планирует свои движения на несколько шагов вперед. В то же время, если что-то пойдет не так (споткнулся, поставил ногу на наклонную поверхность), длина шага и положение корпуса будут мгновенно скорректированы, чтобы не дать ему упасть. Таким образом, ходьба представляет собой сложное сочетание планирования и непрерывного контроля ситуации, а каждый шаг человека уникален. Сложные процессы, протекающие у нас в голове во время ходьбы, незаметны нам, они происходят на инстинктивном уровне. Поэтому изучение алгоритмов передвижения человека оказалось непростой задачей.

Главным прототипом при разработке ASIMO послужил скелет человека. Высокоточные сервомоторы обеспечивают роботу движение по 26 степеням свободы: две из них отведены на движения головы, по шесть на каждую руку и ногу. Ноги ASIMO движутся так же свободно, как и у человека: во время шоу робот даже станцевал рок-н-ролл. Сервомоторы вращаются на строго определенные углы с определенной скоростью, благодаря чему движения робота могут быть как резкими, так и удивительно плавными. Три кита стабильности ASIMO – это контроль поверхности, контроль центра масс и контроль положения. Первый обеспечивается датчиками силы, вмонтированными в ступни робота. Они помогают ощутить уклон поверхности или непредвиденно возникшее на пути препятствие и скорректировать положение ступни. Робот может ходить по плоскостям с уклоном до 30^0 и со сложным рельефом. За контроль центра масс отвечают датчики ускорения и гироскоп.





Каждый мотор имеет датчик обратной связи, который сообщает ASIMO, на какой угол повернут тот или иной сустав. В электронном мозгу робота воссоздана его точная трехмерная модель – это и есть контроль положения. Точный исполнительный механизм позволяет ASIMO подниматься и спускаться по лестнице. Пока что для

того, чтобы робот передвигался по лестнице, оператор должен сообщать ему длину пролета и количество ступенек. движения ASIMO достигает 1,6 км/ч. При хорошей видимости робот заранее планирует свой маршрут с разгонами, замедлениями и поворотами, но в случае возникновения неожиданного препятствия готов остановиться или сменить траекторию. Способность ходить по-человечески не предел возможностей робота. ASIMO последней модели может бегать со скоростью 6 км/ч, отрывая от земли обе ноги одновременно, и даже выполнять на бегу «змейку».

Рост ASIMO (122 см) подбирался таким образом, чтобы андроид не выглядел угрожающим, но мог выполнять всевозможные функции. Голова робота находится на уровне глаз взрослого человека, сидящего в рабочем кресле. Максимально опустив руку, ASIMO может взять газету или чашку кофе с низкого журнального столика, а подняв, может дотянуться до выключателя освещения.

Предшественники ASIMO имели рост взрослого человека и выше. Сделать небольшого робота оказалось весьма сложной задачей, так как необходимо было сохранить пропорции роста и веса андроида. ASIMO весит менее 52 кг благодаря применению самых легких и прочных материалов. Самая тяжелая деталь робота – никель-металлогидридная батарея питания – весит 7,7 кг. Полностью заряженный аккумулятор обеспечивает 30 минут непрерывной работы. Интересно, что лишь 30% энергии расходуется сервоприводами, остальные 70% потребляет электронный мозг ASIMO, расположенный в ранце за спиной. Последние версии ASIMO оснащаются современными литий-ионными батареями.

Новейшая версия многофункционального человекообразного робота (2007 г.) может подавать напитки на подносе, узнавать имена людей по карточкам у них на груди, отвечать на телефонные звонки, катить перед собой четырехколесную тележку и даже способна идти рядом с человеком, держа его за руку. Аппарат ростом 130 см и весом в 54 кг легко ходит по полу и по лестнице, развивая скорость до 6 км/ч. Робот готов исполнять функции секретаря или гида-информатора в офисе.

Компания Sony выпустила робота-андроида SDR-4X с интегрированной системой адаптивного контроля в реальном времени, которая обеспечивает оперативное управление всеми «суставами» робота (а их 28) на основании сигналов, поступающих от многочисленных датчиков. Робот прекрасно передвигается на своих двоих, не теряя равновесия даже на неровной поверхности. Функцию глаз у андроида выполняют две видеокамеры с цветными CCD-матрицами (диагональ матрицы — 0,2 дюйма; разрешение — 110 тыс. пикселей). Благодаря использованию двух камер удалось реализовать стереоскопическое «зрение» (как у человека) — робот может не только воспринимать очертания объекта, но и способен оценить расстояние до него. Получение «трехмерного» изображения нужно андроидам для того, чтобы успешно обходить препятствия, заранее просчитывая оптимальный маршрут, а самое главное — узнавать людей по чертам лица. Андроид Sony способен выделять из общего фона лица людей, а в его памяти может храниться до десяти образов различных лиц. Помимо цифровых «органов зрения» разработчики снабдили роботов слуховой системой, состоящей из семи микрофонов, а также генератором речи. Благодаря этому андроид SDR-4X способен ориентироваться по источнику звука и распознавать голоса разных людей. У робота имеется также инфракрасный сенсор (он используется для определения расстояния), датчик прикосновения на голове, а также несколько температурных датчиков. При росте 58 см робот с установленными аккумуляторами весит 6,5 кг. Максимальная скорость, развиваемая им на ровной поверхности, составляет 20 м/мин.

Десятилетия люди пытались скопировать человеческий ум, используя все более и более умное программное обеспечение, создавая все более совершенные системы искусственного интеллекта. Но несмотря на все попытки, даже наилучшая система искусственного интеллекта незначительно превосходит интеллект среднего таракана.

В чем же проблема? До сих пор все системы искусственного интеллекта базиро-

вались на программном обеспечении, которое работало на неизменных аппаратных средствах. Все изменения в существующих аппаратных средствах должны были делаться через программное обеспечение. Но группа разработчиков из Университета Осло в Норвегии сделала шаг, который, возможно, ляжет в основу следующего поколения аппаратных средств.

Профессор Джим Торресен и Кирр Глетт построили развивающиеся аппаратные средства (Evolvable Hardware — EHW), которые используют генетические алгоритмы. Иначе говоря, они создали компьютерное «железо», способное эволюционизировать.

Система Торресена и Глетта генетическими средствами находит ту аппаратную разработку, которая может стать наиболее эффективной, чтобы выполнить поставленную задачу. В реальном мире может понадобиться 20-30 тысяч генераций, прежде чем биологическая система найдет отличную конфигурацию для решения той или иной проблемы и на это может уйти 8–9 сотен тысяч лет. Система, созданная норвежской командой, тратит на то же количество генераций всего несколько секунд.

Сейчас группа хочет разработать робота, чтобы помочь в установке нефтяных труб и другого нефтяного оборудования на глубине в 2.000 метров. Такая глубина делает почти невозможной непосредственную связь с роботом. Он должен иметь 2–3 километра проводов, тянущихся за ним, или передавать сигналы с помощью эха, что в свою очередь даст значительную задержку между командой и ее выполнением. Эволюционный робот мог бы найти решение возникающих проблем на месте в пределах нескольких секунд без вмешательства оператора.

Группа исследователей, возглавляемая профессором Юничи Такено из японского университета Мейдзи, построила робота, который отличает собственное отражение в зеркале от отражения похожих на него роботов. Для реализации данной возможности ученые оснастили электронный мозг робота искусственными нервными клетками. Технологии нейронных сетей позволяют роботу одновременно анализировать информацию о собственном поведении и сопоставлять ее с данными, полученными в результате работы органов восприятия. Примерно по тому же принципу работают механизмы самоидентификации, заложенные в человеческом организме.

«Что касается людей, то сознание, по существу, это состояние, в котором распознается поведение себя самого и прочих людей», — говорит Такено. Люди учатся вести себя во время познания и, наоборот, учатся думать в процессе «поведения», считает он. Чтобы создать динамическую модель этой цепочки, роботу необходима область в нейронной сети, которая способна обрабатывать информацию, связанную как с поведением, так и с познанием. Моделирование, по мнению Такено, это действие, которое требует как созерцания поведения другого робота, так и немедленной передачи его самому себе, и которое является лучшим свидетельством сознания.

Таким образом, японские разработчики наделили машину способностью признавать себя и других, основываясь на анализе движений увиденного образа и своих собственных. Команда Такено надеется, что её достижение в конечном счёте поможет создать роботов, способных выражать эмоции. Также эта работа — способ смоделировать то, что можно было бы назвать самосознанием, самоидентификацией в машине.

Новые разработки в области робототехники – создание эволюционизирующих и самоидентифицирующихся роботов, выдвинули новые проблемы, которые сейчас широко обсуждаются учеными. Речь идет о самосознание роботов.

Самосознание роботов и самосознание человека — достаточно разные вещи. Основной целью разработки роботов, наделенных самосознанием, является построение систем, способных самоидентифицировать свое устройство для обеспечения возможности наилучшего приспособления к среде функционирования даже в случае непредвиденных изменений собственной структуры или параметров среды.

Также важным качеством самосознающих машин является возможность собственной самоидентификации для эффективной работы в группе роботов.

В общем виде можно говорить, что робот обладает самосознанием, если он спо-

собен репрезентировать собственные мыслительные состояния и процессы, существенные для организации полноценного интеллектуального поведения. Конечно же, до создания машин, способных осознавать свое собственное субъективное «Я» и использовать его при восприятии внешнего мира, еще очень далеко, но первые шаги на пути к созданию таких роботов уже сделаны.

Одним из путей решения задачи по созданию самосознающих машин является конструирование нейронных сетей управления роботами, в которых в процессе эволюционной самоорганизации и должно возникнуть то, что принято называть самосознанием. Существует целое направление исследований — эволюционная робототика, в котором исследуется подходы к эволюционному моделированию нейронных схем управления роботами.

Возникновение осознания субъективного «Я» у роботов может привести к весьма неожиданным социальным и этическим проблемам. Так главный научный консультант правительства Великобритании сэр Девид Кинг полагает, что через 50 лет может возникнуть необходимость дать роботам права, которыми до этого обладал только человек. 270-страничный Доклад Девида Кинга подготовлен в соавторстве с британской консалтинговой фирмой и социологической службой и посвящен проблемам взаимоотношений человека и машин. Авторы доклада предполагают, что при правильном устройстве нового мира через полвека наличие у роботов прав человека приведет к повышению производительности труда и всеобщему благополучию. На этом этапе государство будет обязано предоставлять машинам, наряду с правами, и социальные блага, включая справедливую оплату труда и предоставление жилища.

Директор центра роботехники технологического института штата Джорджия Хенрик Кристенсен по этому поводу говорит: «Если мы будем делать роботов, обладающих самосознанием, они, вероятно, захотят иметь права. Наверное, следует им эти права предоставить».

Разработки коммерческих андроидов сегодня ведут более 100 исследовательских групп ученых по всему миру. По оценкам некоторых специалистов, потенциальный рынок андроидов в течение ближайших 12 лет составит порядка 30 млн. шт. Производство андроидов обещает стать одним из самых доходных направлений развития индустрии XXI века, сравнимой по своему потенциалу с автомобильной промышленностью. Да и темпы развития «андроидостроения» просто невероятные: всего за год разработчикам удается создать новую модель, которая на порядок совершеннее предыдущей. Ожидается, что уже к середине 21 века объемы производства андроидов станут сравнимы с объемами производства автомобилей.

Собрать нынче приличного андроида, очень и очень достоверно похожего на человека, ещё не просто, но вполне возможно. Подтверждением тому «девушка» на фотографии, авторства южнокорейского института индустриальных технологий, впервые представленная 4 мая 2007 г.



Она получила лицо, скопированное и скомбинированное «по мотивам» параметров двух звёзд, торс, скопированный у одной певицы, а имя EveR-1 означает комбинацию части имени первой библейской женщины — Eve, с буковкой «R», то есть, «робот». Она имеет рост 160 см, вес 50 кг, превосходно имитирует движения верхней части тела и владеет мимикой своего силиконового лица, передающей с помощью 15 встроенных электромоторов неожиданную радость, злость, грусть и удовлетворение.

Нижняя часть «Еваробота» пока неподвижна, зато это не мешает ей следить глазами за лицом собеседника, распознавать порядка 400 слов

и вполне сносно поддерживать устную беседу. Вдобавок к этому, Еваробот может впечатляюще пополнять свой словарный запас.

Фантасты предупреждали – андроиды, человекоподобные роботы с искусственным интеллектом, станут однажды равноправными жителями Земли. Правда, писатели предрекали «роботизацию» еще в конце двадцатого века. А мы пока имеем только первые образцы роботов с силиконовыми лицами, которые могут узнавать в лицо хозяина, различать его настроение, поддерживать беседу, запоминать новые слова и даже сердиться, радоваться, принимать определенные решения.

Тем не менее, Вернор Виндж, профессор математики, ученый, автор фантастических книг и один из первых разработчиков искусственного интеллекта сместил свои прогнозы относительно внедрения умных, и что еще интереснее – самовоспроизводящихся машин. Изначально наступление сингулярности (очередной взлет научно-технического прогресса, вытекающий из создания искусственного интеллекта) назначалось на 2030 год. Но в связи с появлением роботов-девиц, роботов – собак и роботов-хирургов ученый заявил, что изменить жизнь людей роботы смогут уже к 2020 году.

Виндж считает, что эта революция будет относительно незаметной, – человек давно окружил себя техникой. А в ближайшие десятилетия начнут мыслить самые неожиданные машины и механизмы – не в лабораториях, а в повседневной жизни. Причем, искусственный интеллект будет выше человеческого. Человек создаст «умную» окружающую среду, и она будет чутко реагировать на каждую потребность создателя. А однажды, по известному сценарию, захочет получить контроль над человеком? Или нехорошие люди смогут использовать бесконечные возможности сверхсовременных роботов против других людей.

Уже сейчас роботов используют на войне – специальные машины американского производства вытаскивают раненных с поля боя, выполняют роль разведчиков, даже отличают «своих» и «врагов». А в Ираке около 5 тысяч роботов патрулируют улицы. Правда, они пока не вооружены.

Но вовсе не «терминаторы» опасны для человечества. Роботы могут заменить людям людей. Современный человек одинок. Об этом криком кричат социологи. Чем развитее страна – тем масштабнее одиночество. Трудолюбивые до самоубийства японцы разучились жить обычной человеческой жизнью. Не то, что семью создать – собаку завести проблема. Берут четвероногого друга на прокат из «собачьего пансиона» – на часик погулять, погреть душу. А корейцы, повышая производительность труда и внедряя новые технологии, стали рожать так мало детей, что правительство всерьез озаботилось вопросом: «А кто же будет досматривать стариков через 30–40 лет?»

Как кто? Роботы! Специальные роботы-андроиды – к тому времени они станут таким же обычным делом, как ноутбук и сотовый телефон. Как вы думаете, как сам хозяин будет относиться к такому роботу? Показательный пример – японская собачка AIBO. Она стала очень популярной, несмотря на дороговизну – механического щеночка можно «вырастить» в настоящего (механического же) пса. Пес – тот же компьютер. Но – требует внимания, радуется хозяину, когда тот приходит с работы, виляет своим металлическим хвостом. А если хозяин его игнорирует, лампочки-глаза «друга» краснеют от обиды и злости. И сердцем человек привязывается к игрушке.

Есть странная закономерность, признавать которую решаются далеко не все, потому что страшно: от 60 до 90 процентов (по разным данным) фантастических гипотез со временем становится явью. Станет ли реальностью предрекаемый многими фантастами мир роботов?

Если да, что это будет: добровольная передача человеком власти высшим существам, которых он, человек, сам же и создал, но которые постепенно превратились из помощников в господ и повелителей? Или это будет захват власти менее уязвимыми физически и более интеллектуальными роботами, их нашествие, бунт против своего создателя — человека? Суждено ли нам быть рабами, заложниками или кем-то вроде домашних животных, совершенных технических творений человеческого гения?

Вопрос не праздный, так как искусственный интеллект — это не сумма счетно-вычислительных и иных механистических возможностей, заложенных в программе и выдаваемых машиной с нажатием кнопки.

Любой интеллект — естественный или искусственный — потому и интеллект, что способен к саморазвитию, к усвоению нового, к самосовершенствованию. Вхождение роботов в сферу межчеловеческого общения, в социальную сферу непременно ускорит эти процессы.

Так в эволюцию будет вовлечена некая новая сущность, созданная человеком. Но, как и куда пойдет процесс ее эволюции, мы не знаем. И вряд ли сможем на это повлиять. Тем более что со временем роботы будут способны к самовоспроизводству.

29 мая 2008 года можно записать в историю. Впервые робот изготовил детали для воспроизводства себя самого, то есть точной своей копии, а собранная копия начала изготавливать «внука» первой машины. Это любопытное достижение многолетней работы группы британских инженеров и учёных. Трюк с самовоспроизводством проделал робот RepRap (Replicating Rapid-prototyper), представляющий собой фактически самореплицирующийся 3D-принтер. Только следует сразу сделать оговорку — воспроизводит этот принтер далеко не все собственные детали, да и финальную сборку своего «ребёнка» он пока ещё поручает человеку. Но ведь это только начало. Полное описание RepRap с инструкциями и софтом лежат на сайте проекта в свободном доступе.

В 2001 году в Стэндфордском университете (Калифорния, США) ведущие специалисты робототехники всерьез ломали головы над вопросом, «заменят ли роботы с искусственным интеллектом в 2100 году человечество».

У Айзека Азимова мы можем найти самое проработанное и принятое большинством людей решение проблемы безопасности. Речь идет о так называемых трех законах роботехники.

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.

2. Робот должен повиноваться командам, которые ему дает человек, кроме тех случаев, когда эти команды противоречат первому закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности, насколько это не противоречит первому и второму закону.

Затем Айзек Азимов добавил Нулевой закон, сделав его более приоритетным, чем три основных. Этот закон утверждал, что робот должен действовать в интересах всего человечества, а не только отдельного человека.

Работы в области искусственного интеллекта рассматривают Законы робототехники как идеал будущего: нужно быть действительно гением, чтобы найти способ применить их на практике. Да и в самой области искусственного интеллекта могут потребоваться серьёзные исследования, для того чтобы роботы поняли Законы. Однако чем более сложными становятся роботы, тем больше высказывается заинтересованности в разработке руководящих принципов и мер безопасности для них. Современные робототехники признают, что на сегодняшний день азимовские Законы хороши для написания рассказов, но бесполезны на практике.

Кто не знает Терминатора — синтез железа и человеческой плоти, — воплощенного Шварцнеггером в одноименном фильме? В отечественном варианте «Его звали Роберт». Оба эти киногероя не совсем роботы. Они киборги — полубиологические, полутехнические существа.

Возможно, развитие робототехники пойдет именно по этому пути, соединяя естественное и искусственное, живую и мертвую материи.

Как раз биологическая, живая составляющая кибернетического существа, так называемая мягкая субстанция, позволит, по мнению многих инженеров-разработчиков робототехники, влиять на изменение формы и структуры тел биороботов. Причем это влияние может быть и собственным влиянием кибернетического существа — не

только его создателей. А может быть и эволюционным, зависящим от среды, задач, условий, словом всего того, что оказывает решающее влияние на эволюцию всех видов, включая человека.

Если учесть, что возможностей самовоспроизводства (причем с желаемым усложнением, с заданными свойствами) у таких существ будет еще больше, чем у просто роботов, трудно рассчитывать на количественный и моральный паритет между киборгами и людьми.

Уже сегодня примерно каждый десятый житель высокоразвитых стран напичкан синтетическими протезами и имплантатами. Кардиостимуляторы, дефибрилляторы, сердечные клапаны, коленные суставы помогают продлить жизнь миллионам. А ближе к середине XXI века люди так же легко, как сейчас покупают автомобили, станут приобретать более быстрые ноги, слышащие ультразвук уши, видящие радиоволны глаза и другие искусственные органы.

Об этом говорилось на международной конференции по робототехнике в Торонто осенью 2007 г. Крупнейший аналитик современности, профессор Кембриджского университета Стив Хокинг заявил, что лет через 20–30 эксперименты по вживлению микрочипов в человеческое тело и замена естественных органов на искусственные завершатся полной победой человека-киборга над гомо сапиенс. Как будет выглядеть человек, когда станет наполовину, а то и больше, механическим кибернетическим механизмом.

Мозг. Медики Университета Эмори (штат Джорджия, США) вводят добровольцам мозговые имплантаты — крошечные микросхемы величиной меньше спичечной головки. С их помощью и при содействии компьютера силой мысли можно пока лишь включать свет, электроприборы и подключаться к Интернету. А в нейрохирургическом центре в Кливленде уже создали первый искусственный отдел мозга. Этот силиконовый чип – аналог гиппокамп контролирующего сознание.

Легкие. Японские медики из Университета Окаяма создали искусственное легкое, которое может пока временно — на две недели — заменить настоящее. Внутри пластиковый прибор размером с пачку сигарет испещрен тысячами полых волокон, предназначенных для циркуляции крови. Поступление кислорода обеспечивается за счет мембран.

Глаза. В Чикагском медцентре Иллинойсского университета впервые была имплантирована искусственная кремниевая сетчатка (ИКС), которая полностью восстанавливает зрение. ИКС — это полупроводниковый чип, содержащий 3,5 тысячи микроскопических клеток размером меньше острия иглы и вдвое тоньше листа бумаги. Эти клетки преобразуют падающий на них свет в электрические импульсы, которые через здоровые клетки сетчатки поступают в мозг — и человек прозревает. Следующий шаг ученых – вживление в сетчатку крошечного аппарата, позволяющего видеть в инфракрасном и ультрафиолетовом свете.

Сердце. Титаново-пластмассовое сердце размером с грейпфрут создано американской компанией «Абиомед» и названо «АбиоКор». Помещенный в грудную клетку механический насос с внутренними клапанами и четырьмя трубками соединен с сосудами. Питается агрегат от двухкилограммовой батареи, висящей на поясе пациента. Подзарядка происходит каждые четыре часа прямо через кожу. Аккумулятор транслирует радиосигнал, который преобразуется в электрические импульсы детектором, имплантированным в живот. На время замены батареи подключается внутренний блок питания, рассчитанный на 30 минут автономной работы.

Ноги. Имплантированный сустав состоит из металлического стержня с шаром на конце, вставленного в кость бедра, и металлической чашечки с пластиковым покрытием, «изображающей» коленку. Ступня состоит из двух амортизаторов из углеродистого волокна: один для пальцев, другой для пятки. Чудо-ноги позволяют даже бегать, причем очень естественно и быстро.

Специалисты из Института кибернетики города Рэдинг (США) подсчитали, во сколько обойдется сборка человека из искусственных органов. Оказалось, что не так

дорого. Если в середине 1980-х годов тело, собранное из «железяк», стоило бы шесть миллионов долларов, то сегодня благодаря подешевевшим технологиям цена снизилась почти в 40 раз. Киборг стоит сегодня около 160 тысяч долларов.

В июне 2006 г. учёным из Института биохимии имени Макса Планка в Мартинсриде (Германия) удалось совместить живые клетки головного мозга с полупроводниковым чипом. Эта технология заключается в выращивании очень тонкой полоски тканей гиппокампуса на чипе, который позволяет записывать взаимодействие всех нервных клеток между собой.

Информация, поступающая в мозг млекопитающего, прежде чем отложиться в длительной памяти, временно запоминается гиппокампусом. Понимание функции этого отдела головного мозга во многом определяет понимание процессов запоминания данных. Методы, доселе использовавшиеся для его исследования, были инвазивными, а также ограниченными небольшим количеством клеток.

Совмещение микрочипа с плотностью 16384 транзистора на квадратный миллиметр с выращенной в искусственных условиях тканью гиппокампуса позволило учёным получить полные и точные данные о взаимодействии её нервных клеток. Запись деятельности объединённой клеточной структуры неповреждённой ткани головного мозга млекопитающего является огромным технологическим прорывом. С помощью этого метода биофизикам уже удалось проверить действие многих лекарств на мозг. В будущем, возможно, с помощью таких устройств будут проверяться новые медицинские препараты. Система чипа построена на выявлении сигналов, посылаемых клетками через их синапсы.

Американские ученые из Чикагского реабилитационного института создали уникальные роботизированные протезы, управлять которыми можно «силой мысли». Первым человеком, согласившимся на испытания новой технологии, стал Джесси Салливан, электрик из Теннеси, лишившийся обеих рук в результате несчастного случая, происшедшего в 2001 году. В ходе операции хирурги соединили уцелевшие в области плеч нервные окончания с мускулами грудной клетки. Сюда же были вживлены электроды, фиксирующие электрические сигналы во время сокращений мышц. Работает система следующим образом. Когда пациенту необходимо выполнить какие-либо действия при помощи роботизированных протезов, ему достаточно просто об этом подумать. Посылаемые мозгом сигналы иннервируют мышцы и соответствующие электрические импульсы фиксируются электродами. Далее сигналы преобразовываются в управляющие команды для протезов.

Устройства, контролируемые «силой мысли», создаются и другими научными организациями и частными компаниями. Например, фирма Cyberkinetics разработала вживляемый в мозг микрочип, который уже позволил парализованному мужчине управлять телевизором, играть в компьютерные игры и проверять электронную почту, не прикасаясь ни к клавиатуре, ни к мыши, ни к каким-либо другим контроллерам.

В последнее время интерес к искусственному интеллекту резко растет — вместе с требованиями к информационным системам. Умнеет программное обеспечение, умнеет бытовая техника. Мы неуклонно движемся к новой информационной революции, сравнимой по масштабам с развитием Интернета, название которой — искусственный интеллект.

Все уже наслышаны об электронных японских собаках, способных узнавать хозяина в лицо, выполнять некоторые команды и имеющих некоторую обучаемость. Кое у кого дома уже стоят холодильники с интеллектуальной системой управления и выходом в Интернет.

Здесь, наверное, уместно привести гипотезу о встречной эволюции человека и компьютера. Человек сначала учится видеть, ходить, разговаривать, а уже потом развивает способности к вычислениям и логическим выводам. Компьютер же, наоборот, появился как вычислительная система, базирующаяся на формальной логике, но в процессе развития приобретает способности к распознаванию образов, синтезу речи и т.п.

Очень сложно передать роботам способности, которыми мы обладаем сами: ориентироваться в комнате, реагировать на звуки, воспринимать речь или распознавать предметы различных размеров, из различных материалов, различной прочности. Даже понимание разницы между открытой дверью и окном может оказаться невероятно сложной для робота. Но ученые начинают находить ответы.

Вполне вероятно, роботы будут оказывать помощь престарелым. Не исключено, что они будут помогать передвигаться инвалидам, увеличат силу и способность к сопротивлению солдат, рабочих, медицинского персонала.

Они будут выполнять опасные ремонтные работы, работать с ядовитыми веществами, управлять удаленными нефтепроводами. Они будут помогать медицинским работникам ставить диагноз и лечить пациентов на расстоянии в тысячи километров и станут ключевым элементом в системах безопасности и операциях по поиску и спасению.

Как скоро роботы станут частью нашей повседневной жизни? По оценке Международной федерации роботехники, в 2004 году в мире действовало около двух миллионов персональных роботов, а к 2008 году войдут в строй еще семь миллионов. Министерство информации и связи Южной Кореи надеется ввести робота в каждый дом к 2013 году. Японская Ассоциация роботехники предсказывает, что к 2025 году всемирная индустрия персональных роботов будет оцениваться в 50 млрд. долларов в сравнении с 5 млрд. в наши дни.

Как и в случае с индустрией ПК в 70-х, сейчас невозможно предсказать, какого рода применение станет движущей силой индустрии. Роботы будут обеспечивать работу опасных промышленных агрегатов, обращаться с опасными материалами и вести наблюдение за удаленными нефтепроводами. Они помогут работникам медицинского обслуживания диагностировать и лечить пациентов, которые могут находиться за тысячи миль от них, а также займут центральное место в системах безопасности и поисково-спасательных операциях.

Глава 7.
Нанотехнологии

7.1. Введение в нанотехнологии

В самом общем смысле нанотехнологии включают создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноструктурой, то есть ее упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм[2,32,49,52,53,65,79,83,87].

Нанотехнология — область прикладной науки и техники, занимающаяся изучением свойств объектов и разработкой устройств размеров порядка нанометра (по системе единиц СИ, 10^{-9} метра).

В Концепции развития в РФ работ в области нанотехнологий до 2010 года дается следующее определение:

нанотехнологии — совокупность методов и приёмов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, хотя бы в одном измерении, и в результате этого получившие принципиально новые качества, позволяющие осуществить их

интеграцию в полноценно функционирующие системы большого масштаба; в более широком смысле этот термин охватывает также методы диагностики, характерологии и исследований таких объектов.

Мир состоит из атомов. Об этом 2400 лет назад сказал древнегреческий философ Демокрит. Впервые атомы удалось увидеть только в XX веке.

Милли, микро, нано и пико — эти дольные приставки еще долго будут символом технического прогресса и признаком совершенства технологий, которыми овладело человечество (табл. 9).

Таблица 9

Размерные приставки для единиц измерения

фемто	ф	10^{-15}	квадриллионная доля
пико	п	10^{-12}	триллионная доля
нано	н	10^{-9}	миллиардная доля
микро	мк	10^{-6}	миллионная доля
милли	м	10^{-3}	тысячная доля
кило	к	10^{3}	тысяча
мега	М	10^{6}	миллион
гига	Г	10^{9}	миллиард
тера	Т	10^{12}	триллион
пета	П	10^{15}	квадриллион

Технологии, оперирующие с миллионными долями, используются давно. Хорошо наточенный нож или бритва имеют режущую кромку толщиной порядка микрона. Наночастицы сажи уже 100 лет добавляют в резину при изготовлении автомобильных покрышек. Более века ученые используют в своих приборах так называемые нити Волластона — платиновые и золотые нити диаметром существенно меньше одной тысячной доли миллиметра. Примером древнейших нанотехнологий является сусальное золото, тончайшими пластинками которого и сегодня покрывают оклады икон и художественные изделия, а в древности золотили купола церквей. После многократной ковки из 2—3 граммов золота получается почти квадратный метр покрытия толщиной менее микрона.

Впервые о возможности работы с отдельными атомами заговорил американский физик Ричард Фейнман. В своей знаменитой лекции «Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики», прочитанной в 1959 году, он достаточно аргументировано показал, что законы квантовой механики не препятствуют созданию нужных людям структур из совсем небольшого числа атомов. В те годы, когда не было инструментов, чтобы заглянуть в наномир, идеи Фейнмана казались фантастикой.

Сегодня многие связывают рождение новой эпохи с 1981 годом, когда немецкие физики Герд Биннинг и Генрих Рорер создали зондовый туннельный микроскоп, позволяющий не только видеть, но и переносить с места на место отдельные атомы. Но порой нужны годы, чтобы научный прибор стал инструментом технолога. Только в 1989 году сканирующий туннельный микроскоп удалось использовать как наноманипулятор, сложив с его помощью регулярную структуру из атомов. Аккуратные сотрудниики IBM Дональд Эйглер и Эрхард Швейцер выложили название своей компании 35 атомами ксенона на поверхности кристалла никеля. Эта операция заняла 22 часа и проходила при температуре вблизи абсолютного нуля (–273°С).

Основные исторические вехи нанотехнологии:

1974 г. — выдан патент на первое устройство молекулярной электроники;

1981 г. — изобретен сканирующий туннельный микроскоп (СТМ);

1985 г. — открыты фуллерены;

1986 г. — изобретен атомно-силовой микроскоп (АСМ);

1987 г. — создан первый одноэлектронный транзистор;

1991 г. — открыты углеродные нанотрубки;

1993 г. — в США организована первая нанотехнологическая лаборатория;

1997 г. — создано нанотехнологическое устройство на основе ДНК;

2000 г. — в США принята Национальная нанотехнологическая инициатива;

2002 г. — удалось получить единый механизм, соединив углеродную нанотрубку с ДНК;

2005 г. — обнаружено множественное рождение электронов в фотоэлементах из наноточек;

2006 г. — произведена нитка и соткан первый образец ткани из углеродных нанотрубок.

Сам термин нанотехнология был предложен в 1974 г. Норио Танигучи (Япония), который понимал под этим любые субмикронные технологии.

В 1992 году, выступая перед комиссией Конгресса США, доктор Эрик Дрекслер нарисовал картину обозримого будущего, когда нанотехнологии преобразят наш мир. Будут ликвидированы голод, болезни, загрязнение окружающей среды и другие насущные проблемы, стоящие перед человечеством. Практически все, что необходимо для жизни и деятельности человека, может быть изготовлено молекулярными роботами непосредственно из атомов и молекул окружающей среды. Продукты питания — из почвы и воздуха, точно так же, как их производят растения; кремниевые микросхемы — из песка. Очевидно, что подобное производство будет куда более рентабельным и экологичным, чем нынешние промышленность и сельское хозяйство. Человечество получит исключительно комфортную среду обитания, в которой не будет места ни голоду, ни болезням, ни изнурительному физическому труду. А в перспективе нас ждёт возникновение «разумной среды обитания» (т. е. природы, ставшей непосредственной производительной силой).

На сегодняшний день нет каких-либо известных физических принципов, которые исключали бы возможность реализации идей Дрекслера. Но это не означает, что такие запреты не будут открыты в будущем.

Всё живое на Земле состоит из соединений углерода. Значение этого элемента трудно переоценить. Оно определяется огромным разнообразием его форм в соединениях. Углеродные цепочки могут образовывать линейный скелет молекул, циклические и сложные объёмные скелетные структуры; углерод представляет огромный интерес и в чистом виде, принимая различные формы от алмаза до молекулярных волокон и нанотрубок. Ковалентная связь углерод-углерод является наиболее прочной из известных.

До сравнительно недавнего времени известны были только две разновидности упорядоченного чистого углерода — алмаз и графит. Потом были обнаружены и другие — сначала были синтезированы молекулярные волокна, затем открыты полые сферические молекулы — фуллерены; при поиске эффективных методов синтеза последних были обнаружены углеродные нанотрубки.

Именно материалы на основе углерода Дрекслер рассматривает в качестве основных кандидатов для изготовления конструкций наномеханизмов[37].

Миниатюризация компонент вычислительной техники, увеличение частоты их функционирования представляют собой магистральное направление развития нанотехнологий. На сегодняшний день продемонстрирована работоспособность целого ряда активных компонент — транзисторов, диодов, ячеек памяти — состоящих из нанотрубок, нескольких молекул или даже из единственной молекулы. Передача

сигнала может осуществляться одним единственным электроном. Пока не решены проблемы, связанные со сборкой таких компонент в единую систему, соединения их нанопроводами. Тем не менее, можно не сомневаться, что решение этих проблем — вопрос времени.

В качестве самостоятельной дисциплины нанонаука выделилась только в последние 7–10 лет. Однако уже 10–15 лет исследования наноструктур являются общим направлением для многих классических научных дисциплин. Химия среди них занимает одно из ведущих мест, так как открывает практически неограниченные возможности для разработки, получения и исследования свойств новых наноматериалов с заданными свойствами, нередко превосходящими по качеству природные материалы. В редакторской колонке CNRS International Magazine (Франция, апрель 2006 г.) отмечается: «нанонаука и ее «дублер», нанотехнология — две дисциплины, нацеленные на исследование и использование наномира, развиваются быстро и, возможно, станут базовыми для экономического роста в 21 веке».

Основные области применения нанотехнологии отображены на рис. 30.



Рис. 30. Основные области применения нанотехнологии

Наночастицы – это частицы, по номенклатуре ИЮПАК (IUPAC – Международный союз теоретической и прикладной химии), размеры которых не превышают 100 нм и состоят из 106 или меньшего количества атомов. Наночастицу принято рассматривать как агрегат, являющийся частью объемного материала.

Нанотехнология имеет дело как с отдельными нано-объектами, так и с материалами на их основе, а также процессами на нано-уровне. К наноматериалам относятся такие материалы, основные физические характеристики которых определяются свойствами содержащихся в них нанообъектов.

Сущность нанотехнологии состоит в способности работать на атомном, молекулярном и супрамолекулярном уровне и создавать материалы с новыми свойствами и функциональными возможностями благодаря малым размерам элементов их структуры.

Изучая нанообъекты, исследователи накапливают знания и опыт для целенаправленного усовершенствованием свойств материалов и производства новых материалов с заданными свойствами.

Согласно рекомендации 7-ой Международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004 г.) выделяют следующие типы наноматериалов:

нанопористые структуры;

наночастицы;

нанотрубки и нановолокна;

нанодисперсии (коллоиды);

наноструктурированные поверхности и пленки;

нанокристаллы и нанокластеры.

Последние представляют собой частицы упорядоченного строения размером от 1 до 5 нм, содержащие до 1000 атомов. Собственно наночастицы диаметром от 5 до 100 нм состоят из 103-108 атомов. Нитевидные и пластинчатые частицы могут содержать гораздо больше атомов и иметь один или даже два линейных размера, превышающих пороговое значение, но их свойства остаются характерными для вещества в нанокристаллическом состоянии. Если наночастица имеет сложную форму и строение, то в качестве характеристического рассматривают не линейный размер частицы в целом, а размер ее структурного элемента. Такие частицы, как правило, называют наноструктурами, причем их линейные размеры могут значительно превышать 100 нм. В зависимости от того, какую преимущественную анизотропию имеют структурные элементы наноструктур, последние также подразделяют на одно-, двух— и трехмерные (нульмерные).

По размерному признаку нанообъекты делят на три типа.

Нанообъекты квази-нуль-мерные (0D) – это наночастицы (кластеры, коллоиды, нанокристаллы и фуллерены) содержащие от нескольких десятков до нескольких тысяч атомов, сгруппированных в связки или ансамбли в форме клетки. В этом случае все три измерения нанометровые.

Нанообъекты квази-одномерные (1D): углеродные нанотрубки и нановолокна, наностержни, нанопроволоки т.е. цилиндрические объекты с одним измерением в несколько микрон, и двумя нанометровыми. В данном случае один характерный размер объекта, по крайней мере, на порядок превышает два другие; физики их называют «квантовые провода».

Нанообъекты двумерные (2D): покрытия или пленки толщиной в несколько нанометров на поверхности блочного материала. В этом случае только одно измерение (толщина) нанометровое, два других являются макроскопическими.

Итак, наночастица – это квази-нульмерный нанообъект, у которого все характерные линейные размеры имеют один порядок величины. Как правило, наночастицы имеют сфероидальную форму; и если в наночастице наблюдается ярко выраженное упорядоченное расположение атомов (или ионов), то такие наночастицы называют нанокристаллитами. Наночастицы с выраженной дискретностью системы уровней энергии часто называют «квантовыми точками» или «искусственными атомами», чаще всего они имеют состав типичных полупроводниковых материалов.

Для реализации потенциальных возможностей нанотехнологий необходимо создание специального технологического оборудования, предназначенного для осуществления локальных физико-химических процессов в областях нанометровых размеров. При этом формируются объекты с нанометровыми размерами, которые, в свою очередь, могут образовывать материалы с заданными свойствами. Большое внимание также уделяется созданию новых каталитических композиций, разработке нанореакторов и решению проблем переноса в условиях катализа на наносистемах. В нанореакторах эффект торможения может проводить к появлению новых реакционных маршрутов.

Развитие нанонауки и нанотехнологии придает импульс в развитии других дисциплин: медицины, биотехнологии, химии, защиты окружающей среды, материаловедении (металлы, полимеры, керамика). Появилась возможность, манипулируя атомами, управлять свойствами материалов, придавая им специфические свойства.

Кроме фундаментальных исследований существует множество прикладных на-

правлений: композиты на основе полимеров, керамика, углеродные нанотрубки, кремниевые нановолокна для электроники, лекарственные препараты с запрограммированным целенаправленным действием, наночастицы для улавливания следовых количеств примесей в воде и многие др.

Следует также отметить, что химические нанотехнологии являются малоотходными, и это делает их особенно ценными в современных условиях. Охват различных сторон нашей жизни, множество отраслей экономики, развивающихся благодаря открытиям нанонауки и достижениям нанотехнологий, уже сегодня впечатляет. Это электронная, косметическая, текстильная промышленность, фармацевтика, защита окружающей среды.

Нанотехнологические разработки используют для получения нелиняющих красителей, прозрачных солнцезащитных покрытий на основе оксида цинка, устойчивых к царапинам автомобильных красок, полупроводников повышенной мощности, при создании «чистых» источников энергии, недорогих высокоактивных катализаторов, топливных элементов, в процессах газификации угля, в производстве материалов для протезирования (имплантанты на основе нанокристаллического гидроксиапатита — аналога костной ткани) и др.

Весь круг проблем делится специалистами на три категории по тем срокам, которые необходимы для получения ощутимых результатов.

Краткосрочные (1–5 лет): нанокомпозиты, наномембраны и фильтры, катализаторы нового поколения (с содержанием металлов на порядок меньше, чем в ныне используемых), химические и биологические сенсоры, медицинские диагностические приборы, аккумулирующие батареи с увеличенным сроком службы.

Среднесрочные (5–10 лет): целенаправленная лекарственная терапия, точная медицинская диагностика, мезо— и микро-мезопористые материалы, высокоэффективные недорогие солнечные батареи, топливные элементы, высокоэффективная технология получения водорода из воды.

Долгосрочные (более 20 лет): молекулярная электроника, введение лекарств сквозь оболочку клетки, оптические средства передачи информации.

Оценки показывают, что компьютер, собранный из наноэлектронных компонент и по своей сложности эквивалентный человеческому мозгу сможет иметь объём в 1 $см^3$ — но будет работать в 10^7 раз быстрее (быстродействие будет ограничено возможностью отвода тепла). Компьютер (точнее, процессор + память), эквивалентный современному «Пентиуму» будет, предположительно, иметь объём в 10^{-6} $см^3$.

Вероятно, наиболее быстрые и производительные компьютеры будущего будут использовать именно наноэлектронную технологию.

Намечен целый ряд возможных применений молекулярной нанотехнологии.

Медицинские применения. Устройства микронного размера смогут перемещаться по организму человека, разрушая атеросклеротические бляшки в сосудах, уничтожая раковые клетки и возбудителей инфекционных заболеваний.

В январе 2009 г. в мире появился первый нанороботт, который уже успешно прошел первые лабораторные испытания. Ученые из американского Университета Джона Хопкинса создали нанороботта для использования в медицинских целях в организме человека. Таким образом, создание первых нанороботов уже не дело далекого будущего — а реалии сегодняшнего дня. Этих нанороботов планируется использовать в медицинских целях — устройства будут заниматься решением проблем на клеточном уровне. Нанороботт сможет реализовывать сложные операции на клеточном уровне с большой точностью. Размер аппарата в диаметре меньше одной десятой миллиметра. Нанороботт может проникать в человеческий организм, и далее, используя в качестве индикатора биохимические сигналы клеток, бороться со злокачественными клетками. Этому нанороботту не нужно дополнительного питания — заряжается он с помощью тепловых, биохимических и магнитных импульсов. В рамках эксперимента нанороботту было дано задание — пролезть в специальную пробирку с живой тканью и найти определенные частицы. Нанороботт успешно выполнил задание — он выбрал

именно те частицы, которые и были предусмотрены программой. Однако наноробот ещё требует усовершенствования — сейчас он способен лишь захватывать клетки, но не умеет переносить их. В дальнейшем ученые продолжат модернизацию своего изобретения.

А еще раньше в марте 2008 г. японские ученые разработали «наномозг» — молекулярную структуру, позволяющую управлять нанороботами. В рамках эксперимента с помощью «наномозга» различные наномашины смогли выполнять простейшие команды. «Исследователи поставили эксперимент, в рамках которого доказали, что структура из 17 молекул DRQ (состоит из бензоквинона и тетраметила) функционирует аналогично процессору, выполняющему 16 команд за один такт. 17 молекул DRQ могут быть сформированы в молекулярную машину, которая способна закодировать более 4 млрд различных комбинаций. Размер полученной молекулярной структуры – всего 2 нанометра. Это первый в мире работающий образец «наномозга».

Молекулярное производство макроскопических объектов. Оценки показывают, что устройство весом около 60 кг («настольная нанофабрика») сможет с молекулярной точностью изготовлять объект, объёмом около 1 л и весом около 4 кг примерно за 3 часа. Это позволило бы за 2 дня изготовить вторую такую же нанофабрику; удвоение их количеств каждые 2 дня позволило бы за 2 месяца обеспечить собственной нанофабрикой каждого жителя Земли.

Разрабатывается целый ряд подходов, которые могут позволить приблизится к развитой молекулярной нанотехнологии.

Использование биологических молекул — белков, нуклеиновых кислот и других макромолекул. Такие молекулы могут послужить готовыми деталями для наносистем промежуточного уровня и «молекулярными роботами» для сборки нанокомпонент, изготовленных другим способом.

Механосинтез с использованием зондовой микроскопии. Предложен ряд подходов, которые могут позволить собирать углеродные конструкции буквально атом за атомом.

Метод молекулярных строительных блоков. Этот метод «промежуточного уровня» активно разрабатывается в последнее время; его суть состоит в том, что наноустройства собираются из заранее синтезированных химически молекул — строительных блоков, способных соединяться друг с другом.

Большие надежды связываются с созданием нанороботов. Целью создания нанороботов является создание устройства, способного к манипулированию отдельными атомами. Таким образом, можно будет создавать структуры любой сложности с требуемыми свойствами. Нужно только писать соответствующие программы. Кроме того, запрограммировав одного наноробота на копирование самого себя, мы получим практически бесплатное производство. Эти роботы смогут складывать из атомов и уникальные изделия, и предметы повседневного пользования, и чинить поломки человеческого организма.

Однако чтобы достичь всего этого, нужно ответить на множество вопросов. До сих пор неизвестен чертеж наноробота с детальной расстановкой всех его атомов. Неизвестно как сделать этот чертеж, чтобы атомы при сборке попросту не разлетелись. Общая схема ясна — робот должен иметь двигатель, располагать манипуляторами для перестановки атомов и иметь некоторый контейнер для переноски груза. Отдельные части этих конструкций уже созданы. Но как собрать их все вместе, да и создать недостающие элементы, пока непонятно — строгие методы проектирования не дают ответа, а экспериментальные требуют значительных финансовых затрат.

Важнейшей стадией нанотехнологий является химический синтез нанопродуктов. В этом смысле химики занимаются нанотехнологиями уже на протяжении двух с половиной столетий. Современная нанотехнология отличается тем, что она соединяет талант химика-синтетика с мастерством инженера и именно этот союз позволяет создавать самые замысловатые наноструктуры. Не менее важным с точки зрения перспективы является и то обстоятельство, что переход от традиционных микротех-

нологий к нанотехнологиям открывает путь к созданию нанопродуктов и наносистем, обеспечивающих существенную экономию сырья и энергии и открывающих путь к более эффективному решению экологических проблем.

На рис. 31 отображены научные основы и объекты нанонауки и нанотехнологий.

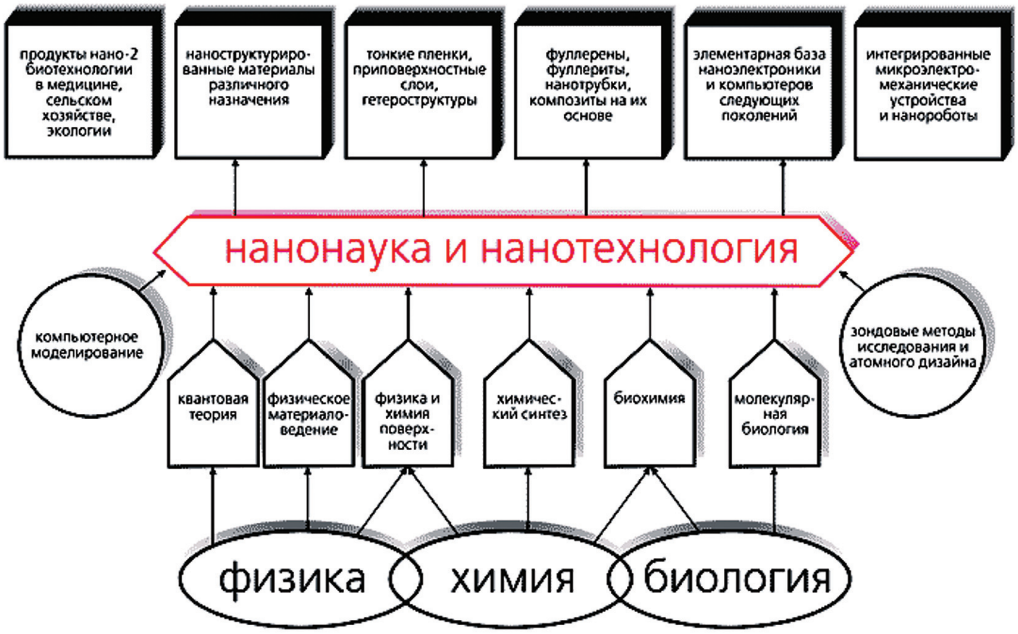


Рис. 31. Научные основы и объекты нанонауки и нанотехнологии

Исследовательские работы последних 10-15 лет открыли важную роль нанотехнологий в различных областях науки и техники (информационных технологиях, медицине, физике, химии, материаловедении, биологии, экологии и т.д.). Произошла своеобразная революция, поскольку нанотехнологический подход означает целенаправленное регулирование свойств объектов на молекулярном и надмолекулярном уровне, что не было реализуемо еще несколько лет назад. Лучшим символом идеи универсального получения наноматериалов (и вообще материалов с контролируемыми свойствами) можно считать «демона Максвелла» — гипотетического существа, которое способно сортировать молекулы и благодаря этому «собирать» любой материал с любыми свойствами из элементарных «кирпичиков» — атомов.

Кстати, в повести «Понедельник начинается в субботу» братьев Стругацких «демоны Максвелла» были приспособлены администрацией НИИЧАВО открывать и закрывать входные двери института.

По мнению большинства экспертов, нанотехнология представляет собой не только одну из ветвей высокой технологии, но является и системообразующим фактором экономики 21 века – экономики, основанной на знаниях, а не только на использовании природных ресурсов или их переработке.

Новые подходы к проблеме получения материалов с заданными свойствами привлекают все большее внимание специалистов в медицине, фармакологии, энергетике, электронике, химической и нефтехимической промышленности, материаловедении, оптике, экологии, при создании новых видов топлива, новых методов химической и биологической защиты и др.

В ближайшее время нанотехнологии станут составной частью нашей повседневной жизни, а во многих областях уже сегодня они надежно закрепились на ведущих позициях (электроника, оптика, косметика, фармакология, материаловедение). По прогнозам в ближайшие 10–15 лет, нанотехнологическая продукция будет занимать ведущее место.

Основной вопрос – сроки реализуемости нанотехнологических идей и путей создания эффективных (в том числе — экономически) нанотехнологий для массового использования. Решения есть, например, при использовании принципов самоорганизации вещества наноматериалы можно создавать «снизу вверх», то есть от молекул к надмолекулярным структурам, в отличие от практиковавшегося до последнего времени подхода создания наноматериалов «сверху вниз», когда мелкие объекты создаются из крупных путем измельчения. Управляя размерами и формой наноструктур, можно в определенных рамках придавать таким материалам совершенно новые, практически выгодные (часто рекордные!), свойства, резко отличающиеся от имеющихся у обычных материалов – прародителей, то есть добиться желаемой цели. Однако для этого нужно детально исследовать всю систему, а система должна быть сложной и открытой, т.е. способной обмениваться с окружающей средой как веществом, так и энергией. Иначе упорядочения с образованием заданной наноструктуры не произойдет.

Подходы самоорганизации (коллективного поведения атомов с образованием упорядоченной структуры) сокращают наши усилия, однако такие процессы реализуются в узком диапазоне условий и при полном соблюдении всех законов нелинейной термодинамики, то есть при наличии большого числа ограничений. На этом примере становится понятно, что на самом деле основным условием развития нанотехнологий должен быть выверенный, профессиональный научный подход, требующий больших усилий, знаний и финансовых вложений в дорогостоящие фундаментальные исследования.

Поэтому нанотехнологии не могут быть мгновенной панацеей от всех наших проблем, а их развитие займет длительное время даже в условиях жесточайшей нанотехнологической гонки, стартовавшей во всем мире.

Если не учитывать налет ажиотажа, существование наноматериалов закономерно и не подрывает никаких известных нам основ мироздания, просто пришло их время.

Возникновение нанотехнологий «просто» означает качественный скачок в философии получения практически важных веществ — создание невидимых простых глазом сложных устройств и систем, размеры которых находится в диапазоне размеров надмолекулярных образований.

Наноматериалы – продукт нанотехнологий – это нечто особое, что гораздо сложнее атомов и молекул, но как продукт высоких технологий не требует многотоннажного производства, поскольку даже один грамм такого «хайтековского» вещества способен решить множество проблем. Это – пример современной «гомеопатии», которая поставлена на вполне научную основу и глубоко продумана.

Наноразмерные объекты занимают промежуточное положение между объемными материалами и атомами (или молекулами). Присутствие таких объектов в материалах придает материалам новые физические и химические свойства. Размерный фактор формирования свойств наноматериалов проявляется в изменении оптических, каталитических, механических, магнитных, термических и электрических свойств. Как правило, размерные эффекты действуют, когда размер зерен (частиц) не превышает 100 нм, и наиболее отчетливо проявляются, когда размер зерен становится менее 10 нм. Объекты нанометровых размеров: наночастицы или нанокластеры, двумерные тонкие пленки кристаллы для оптики, углеродные материалы (трубки, нановолокна, фуллерены).

Наноматериалы – не один «универсальный» материал, это обширный класс множества различных материалов, объединяющий их различные семейства с практически интересными свойствами. При этом многие наноматериалы являются не отдельны-

ми частицами, они могут представлять собой сложные макро— или микрообъекты, которые наноструктурированы на поверхности или в объеме. Такие наноструктуры можно рассматривать в качестве особого состояния вещества, так как свойства материалов, образованных с участием наноструктурных элементов, не идентичны свойствам объемного вещества.

Итак, наноматериалы характеризуются несколькими основными чертами, делающими их вне конкуренции по сравнению с другими веществами, находящими практическое использование в деятельности человека.

Во-первых, все наноматериалы действительно состоят из очень мелких частиц, которые нельзя увидеть невооруженным глазом. Это первый плюс – суперминиатюризация, приводящий к тому, что на единице площади можно разместить больше функциональных наноустройств, что жизненно важно, скажем, для наноэлектроники или для достижения суперплотной магнитной записи информации соответствующей 10 Террабит на 1 квадратный сантиметр. Кроме того, ничтожный размер делает для наноустройств доступным почти любые закоулки человеческого тела или части макромашин, в которые не проникнет ничто другое.

Во-вторых, наноматериалы обладают большой площадью поверхности, ускоряющей взаимодействие между ними и средой, в которую они помещены. Например, каталитически активные материалы позволяют в десятки, сотни, тысячи и даже миллионы раз ускорить химические или биохимические реакции. Нанофильтры позволяют отсеять бактерии или эффективно поглотить примеси или токсины. Наночастицы также могут «таскать» за собой необходимые лекарства программируемо доставляя их к заранее выбранной цели, например, раковой опухоли, а также при гипертермии (дозируемом перегреве опухоли вплоть до гибели раковых клеток среди окружающих их нормальных тканей).

В-третьих, наноматериалы уникальны тем, что такое вещество находится в особом, «наноразмерном», состоянии. Изменения основных характеристик обусловлены не только малостью размеров, но и проявлением квантовомеханических эффектов при доминирующей роли поверхностей раздела. Эти эффекты имеют место при таком критическом размере, который соизмерим с так называемым корреляционным радиусом того или иного физического явления (например, с длиной свободного пробега электронов, фононов, длиной когерентности в сверхпроводнике, размерами магнитного домена или зародыша твердой фазы и др.). Характерной особенностью наночастиц является также отсутствие точечных дефектов. Это делает, в частности, полупроводниковые наночастицы («квантовые точки») идеальными элементами совершенных энергосберегающих лазерных и светоизлучающих элементов. А индивидуальные углеродные нанотрубки обладают прочностью, в десятки раз превышающей прочность лучшей стали. При этом они во много раз выигрывают у стали и по своей удельной массе.

Все эти признаки вполне объясняют тот факт, что даже грамм наноматериала может быть более эффективен, чем тонна обычного вещества, и что их производство – вопрос не количества, не тонн или километров, а качества человеческой мысли, «ноу-хау».

Человек вплотную приблизились к освоению пятого измерения, связанного с возникновением нанотехнологий.

Нанотехнологии – детище современной фундаментальной науки. Последние достижения свидетельствуют о возможности создания новых поколений функциональных материалов, а проекты возможного использования нанотехнологий затрагивают практически все области человеческой деятельности. В то же время, постепенно происходит переосмысление научных фантазий, которые приобретают черты реалистичности.

Отправной точкой следует считать найденные русским ученым Г.А. Гамовым еще в 30-х годах прошлого века решения управления Шредингера, которые означали возможность преодоления частицей энергетического барьера даже в том случае, когда

энергия частицы меньше высоты барьера. Это явление, называемое туннелированием, позволило объяснить многие экспериментально наблюдавшиеся процессы.

В настоящее время процессы туннелирования положены в основу технологий, позволяющих оперировать со сверхмалыми величинами порядка нанометров.

Другим эпохальным событием нанотехнологической революции обычно считают легендарную лекцию Нобелевского лауреата Р. Фейнмана «Там внизу еще много места», в которой он предложил манипулировать отдельными атомами для создания очень малых объектов с необычными свойствами. Эта идея была реализована в дальнейшем благодаря созданию сканирующего туннельного микроскопа (Г. Биннинг, Г. Рорер, 1981 г.) и атомно-силового микроскопа (Цюрихское отделение IBM, 1986 г.).

В 2000 г. в США была принята долгосрочная комплексная программа, названная Национальной нанотехнологической инициативой. В соответствии с этой программой объем бюджетного финансирования нанотехнологических исследований в США уже в 2001 г. составил 420 млн. долларов, в 2004 г. вырос до 900 млн. долларов, а в дальнейшем вышел на стационарный уровень, немногим превышавший 1 млрд. долларов/год. В Японии и в странах Европейского Союза государственная поддержка нанотехнологических исследований немногим уступала США. Вместе с тем значительно возросла активность частного капитала. В 2002 г. число венчурных компаний, занимавшихся производством нанопродуктов, достигло в мире 320, причем среди них превалировали компании, специализировавшиеся на производстве нанопорошков, нанотрубок, нанопористых материалов, фуллеренов, квантовых точек, нановолокон, нанокапсул, нанопроволок и дендримеров.

Рынок нанопродукции растет из года в год. Стоимость выпущенных в мире в 2007 г. товаров, созданных благодаря нанотехнологиям, достигла 147 млрд долларов.

Акт об исследованиях и развитии нанотехнологий в XXI веке, подписанный президентом Бушем в 2003 г, предполагает фронтальное решение проблем нанотехнологии как в фундаментальном, так и в прикладном направлениях с выделением свыше тысячи направлений поиска, объединенных вокруг наноэлектроники, нанобиотехнологии, молекулярной электроники, наноэлектромеханики, наноэнергетики, оптоэлектроники, создания новых поколений функциональных и конструкционных наноматериалов, наноматериалов для медицины, машиностроения и робототехники, компьютерных технологий, экологии, аэронавтики, систем безопасности и борьбы с терроризмом. Созданная в США инфраструктура включает ведущие университеты, национальные лаборатории и производственные структуры, функционирующие в составе венчурных компаний. Число продуктов, произведенных в США с помощью нанотехнологий, уже сейчас превысило 3 тысячи, а более половины патентодержателей составляют американские компании, университеты или частные лица. Даже Японии оказалось довольно трудно конкурировать с США и ей пришлось ограничить активность в области нанотехнологий более узким кругом решаемых задач.

По числу нанотехнологических публикаций в международных журналах лидируют 6 стран, три из которых, представляющие запад (США, Германия, Франция), несколько опережают восток (Япония, Южная Корея, Китай), причем на второе место уже в 2004 г., безусловно, вышел Китай, увеличивший за десятилетие число нанотехнологических публикаций более чем в 20 раз и лишь немногим (на 25 %) уступивший США. Вместе с тем по числу полученных патентов Китай намного уступает другим странам, находясь пока лишь на 20 месте.

Научному сообществу нашей страны сильно не повезло. Прежде всего потому, что оно в целом потеряло для интенсивной творческой активности почти целое десятилетие, последовавшее после распада СССР и мучительных поисков путей элементарного физического выживания. Разумеется, что это касалось не только развития нанотехнологий, но прежде всего именно их, поскольку визуализация и контролируемое создание нанопродуктов требовало крайне дорогостоящего оборудования, которым наши исследователи в большинстве своем не располагали, а многие не располагают и сейчас.

Достаточно сказать, что электронный микроскоп высокого разрешения HREM TECHNAI стоит около 4 млн долларов, а чистая комната достаточно высокого класса – и того больше. Ситуация несколько улучшилась, когда в соответствии с постановлением Правительства № 540 от 12.10.2004 г. в федеральную целевую научно-техническую программу (ФЦНТП) «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 годы» были внесены существенные изменения, а в перечне приоритетов появилось направление «Индустрия наносистем и материалы», на поддержку которого в бюджете 2005 г. было запланировано 2 млрд рублей (около 70 млн долларов), а в 2006 г. – 2,12 млрд рублей (около 80 млн долларов, с учетом изменения курса доллара).

Рабочая группа экспертов, возглавляемая академиком М.В. Алфимовым, определила следующие приоритеты:

1. Углеродные наноматериалы.
2. Новые материалы и технологии для наноэлектроники, оптоэлектроники и спинтроники.
3. Органические и гибридные наноматериалы.
4. Полимеры и эластомеры.
5. Кристаллические материалы со специальными свойствами.
6. Мехатроника и микросистемная техника.
7. Композиционные и керамические материалы.
8. Мембраны и каталитические системы.
9. Биосовместимые материалы.
10. Нанодиагностика и зондовые методы.

Несомненный оптимизм вызывает то обстоятельство, что правительство Российской Федерации 6 июля 2006 г. утвердило концепцию ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы», установив объем финансирования за счет федерального бюджета в объеме 134 млрд рублей (примерно 5 млрд долларов). Есть основания полагать, что в рамках этой суммы значительно возрастает господдержка приоритетного направления «Индустрия наносистем и материалы».

23 июля 2007 г. Президент России В. Путин подписал Федеральный закон «О Российской корпорации нанотехнологий».

Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий» (РОСНАНО) учреждена для «реализации государственной политики в сфере нанотехнологий, развития инновационной инфраструктуры в сфере нанотехнологий, реализации проектов создания перспективных нанотехнологий и наноиндустрии». Корпорация выступает соинвестором в нанотехнологических проектах со значительным экономическим или социальным потенциалом. Участвует в создании объектов нанотехнологической инфраструктуры, таких как центры коллективного пользования, бизнес-инкубаторы и фонды раннего инвестирования. РОСНАНО выбирает приоритетные направления инвестирования на основе долгосрочных прогнозов развития (форсайт), к разработке которых привлекаются ведущие российские и мировые эксперты. В 2007 году на деятельность корпорации правительством России выделено 130 млрд рублей. «Амбициозный план» госкорпорации «Роснано» – довести к 2012 г. долю отечественных предприятий, использующих нанотехнологии, до 40 – 50%. Сейчас этот показатель равен 13%.

В соответствии с этим документом, корпорация создается в целях реализации государственной политики в научно-технической и инновационной сфере, содействия перехода российской экономики на инновационный путь развития, реализации проектов создания перспективных нанотехнологий и наноиндустрии. Российская корпорация нанотехнологий будет осуществлять инвестиционную и внешнеэкономическую деятельность по реализации проектов в области нанотехнологий в России и за рубежом, в том числе с участием иностранного капитала.

На заседании правительства, посвященном развитию нанотехнологий, премьер

Михаил Фрадков сказал замечательную фразу: «Половина из присутствующих не знает, что такое нанотехнологии, но знает, что без этого жить нельзя». Еще он сравнил новую государственную программу по значимости для страны с атомным проектом. Министр Андрей Фурсенко осторожно поправил: атомный проект был направлен на создание конкретного продукта, но нанотехнологии открывают новый мир по многим направлениям.

Вряд ли этот диалог разъяснил, что такое нанотехнологии и приоткрыл дверь в новый мир. Тем не менее на развитие нанотехнологий выделены средства, которые давно не получала наша наука, — 30 млрд руб. Похоже, настает момент, когда не знать, что такое нанотехнологии, так же невыгодно, легкомысленно и опасно, как не уметь пользоваться компьютером.

Перечислять все области, где нанотехнологии перевернут существующие порядки, невозможно. Потому что исключений не видно. Прежде всего, это значительная экономия ресурсов, сокращение потребляемых материалов. Основа основ — энергетика с ее огромными масштабами тоже не останется в стороне. Возможны новые способы производства электроэнергии, которые прежде из-за качества материалов были неэффективны. Уже ведутся работы по созданию термоэлектриков, которые позволят получать тепло прямо из электричества, а электричество — из тепла. В химической промышленности этот метод позволит превращать бросовое отработанное тепло в электричество.

Все предыдущие научно-технические революции сводились к тому, что человек все более умело копировал механизмы и материалы, созданные Природой. Прорыв в область нанотехнологий — совсем другое дело. Впервые человек будет создавать новую материю, которая Природе была неизвестна и недоступна. В этом отношении между человеком и Творцом разницы уже не будет. Человек поднимается на равную ступеньку с Творцом.

7.2. Техника нанонауки и нанотехнологий

Первопроходцем микрокосмоса оказался изобретатель первой увеличительной линзы – Левенгук. Однако даже самые дорогие оптические микроскопы принципиально неприемлемы для разрешения и увеличения, которое должно составлять не тысячу крат (а это предел оптических микроскопов), а сотни тысяч и миллионы раз.

Типичные нанообъекты в сотни и тысячи раз меньше бактерий, которые наблюдал Левенгук.

Они во столько же раз меньше нас с вами, во сколько раз человеческое тело меньше планеты Земля. Поэтому сейчас бороздить просторы микромира могут лишь те, кто обладает наисовременнейшими электронными и атомно-силовыми микроскопами, которые, в отличие от оптических микроскопов, стоят сотни тысяч и даже миллионы долларов. Но и этого мало – таким оборудованием нужно уметь профессионально пользоваться. Между тем добиться стадии визуализации – необходимо, но совершенно недостаточно для принадлежности к касте исследователей наномира.

Благодаря прорыву в области производства микроскопов современные ученые могут манипулировать атомами и располагать их так, как им заблагорассудится. Такого еще не было за всю историю развития человечества.

Идеальная техническая система – это система, масса, габариты и энергоемкость которой стремятся к нулю, а ее способность выполнять работу при этом не уменьшается. Предельный случай идеализации техники заключается в уменьшении её размеров (вплоть до полного «исчезновении») при одновременном увеличении количества выполняемых ею функций. В идеале – технического устройства не должно быть видно, а функции, нужные человеку и обществу, должны выполняться. Закон увеличения степени идеальности гласит: развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

На практике хорошей иллюстрацией этого закона может служить постоянное стремление производителей микроэлектроники и бытовой техники к миниатюризации, созданию устройств всё меньших размеров со все большими функциональными возможностями. Взять, например, те же сотовые телефоны или ноутбуки: размер все уменьшается, в то время как функциональность только растет.

Таким образом, нанотехнологии и наноустройства являются закономерным шагом на пути совершенствования технических систем. И возможно, не последним: за областью нановеличин лежат области пико (10^{-12}), фемто (10^{-15}), атто (10^{-18}) и т.д. величин с еще неизвестными и непредсказуемыми свойствами.

Нанотехнологии – чрезвычайно сложная, профессиональная, междисциплинарная область, объединяющая на равных усилия дипломированных химиков, физиков, материаловедов, математиков, медиков, специалистов в области вычислительной техники и др. В области наноматериалов удивительным образом переплетены как глубоко фундаментальные научные основы, так и прорывные аспекты практического использования человеческих знаний.

Как уже отмечалось, нанотехнология — это совокупность методов производства продуктов с заданной атомарной структурой путем манипулирования атомами и молекулами.

В связи с данным определением возникает естественный вопрос: каким же образом мы можем манипулировать веществом на уровне атомов и молекул? Ведь наши руки слишком громадны для наномасштаба. Этот вопрос является камнем преткновения современной нанонауки. Самое изящное решение этой проблемы, способное совершить новую технологическую революцию, предложил Эрик Дрекслер в книге «Машины созидания». Для манипулирования атомами он изобрел специальные наномашины, или ассемблеры.

Ассемблер – это молекулярная машина, способная к саморепликации, которая может быть запрограммирована строить практически любую молекулярную структуру или устройство из более простых химических строительных блоков.

Главная задача ассемблера — соединение атомов и молекул в заданном порядке. Он должен уметь строить наносистемы любого назначения — двигатели, станки, вычислительные устройства, средства связи и т.д. Это будет универсальный молекулярный робот со сменными программами на «перфолентах» типа цепочек РНК или ДНК.

Управлять сборщиками должны будут нанокомпьютеры, программируемые на каком-нибудь обычном языке управления промышленными роботами и имеющие связь с обычным компьютером, которым управляет человек. Представим, что человек-оператор моделирует на компьютере некоторую конструкцию, особым образом задавая её молекулярную структуру. «Нарисовав» нужный объект, он передает команду ассемблерам, которые начинают создавать его атом за атомом. И через некоторое время у конструктора появляется готовая вещь с заданными характеристиками при минимальном вмешательстве человека.

Ассемблеры могут работать в паре с дизассемблерами – наномашинами, способными разбирать объект на атомы с записью его структуры на молекулярном уровне. Например, для создания копии какого-то объекта необходимо, чтобы дизассемблер разобрал его атом за атомом и передал всю информацию о типе атомов, их положении и т.д. ассемблеру, который потом может создавать копии объекта сколько угодно раз. Теоретически такая копия ничем не будет уступать оригиналу — она будет повторять его вплоть до отдельного атома. Дизассемблеры также помогут ученым лучше узнать вещи и их атомную структуру.

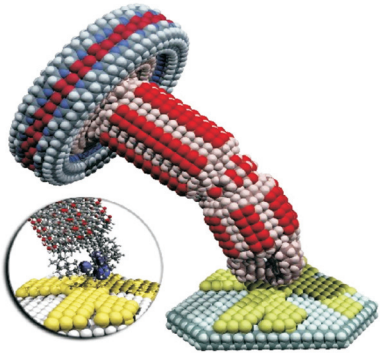


Рис. 32. Наноманипулятор

Управляемый наноманипулятор (рис.32) –

одна из самых востребованных вещей в нанотехнологиях. На основе системы «нанокомпьютер – наноманипулятор» можно будет организовать сборочные автоматизированные комплексы, способные собирать любые макроскопические объекты по заранее снятой либо разработанной трехмерной сетке расположения атомов.

Благодаря нанотехнологиям существенно изменится конструирование машин и механизмов – многие части упростятся вследствие новых технологий сборки, многие станут ненужными. Это позволит конструировать машины и механизмы, ранее недоступные человеку из-за отсутствия технологий сборки и конструирования. Эти механизмы будут состоять, по сути дела, из одной очень сложной детали.

С помощью механоэлектрических нанопреобразователей можно будет преобразовывать любые виды энергии с большим КПД и создать эффективные устройства для получения электроэнергии из солнечного излучения с КПД около 90%. Утилизация отходов и глобальный контроль за системами типа «recycling» позволит существенно увеличить сырьевые запасы человечества. Станут возможными глобальный экологический контроль, погодный контроль благодаря системе взаимодействующих нанороботов, работающих синхронно.

Нанотехнологии произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую произвели компьютеры в манипулировании информацией.

Сканирующий туннельный микроскоп создали в 1981 году исследователи из лаборатории IBM в Цюрихе Герд Бинниг и Гайнрих Ропер. Это достижение настолько высоко оценено коллегами, что авторы вскоре были увенчаны Нобелевской премией по физике. Подобный микроскоп позволяет видеть отдельные атомы за счет того, что регистрирует маленькие токи, проходящие между щупом (иглой) микроскопа и исследуемым образцом. Открытие привело к созданию других типов микроскопов, дающих возможность следить за поведением микромира.

В сканирующем туннельном микроскопе было использовано квантовое явление туннелирования и он получил название «сканирующий туннельный микроскоп» (СТМ).

Идея состояла в следующем. Очень тонкая игла-зонд с острием толщиной в один атом перемещается над поверхностью объекта на расстоянии порядка одного нанометра. В соответствии с законами квантовой механики возникает туннельный эффект: электроны преодолевают вакуумный барьер между объектом и иглой, и в цепи «образец– игла» начинает течь ток. Величина его чрезвычайно сильно зависит от расстояния между концом иглы и поверхностью объекта. Так сильно, что даже при уменьшении промежутка всего на один ангстрем ток возрастает примерно на порядок. Поэтому, следя за величиной тока при перемещении иглы вдоль поверхности, можно изучать ее рельеф – словно читая книгу для слепых, написанную шрифтом Брайля.

Принцип действия сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) довольно прост, но кардинально отличается от всех предшествующих методик, применявшихся в физике поверхности. Тонкое металлическое острие, смонтированное на электромеханическом приводе (*X*, *Y*, *Z*-позиционере), служит зондом для исследования участков поверхности образца (рис. 33). Когда такое острие подводится к поверхности на расстояние ≤ 10 Å, то при приложении между острием и образцом небольшого (от 0,01 до 10 В) напряжения смещения V_s через вакуумный промежуток δ_z начинает протекать туннельный ток I_t порядка 10^{-9} А.

Полагая, что электронные состояния (орбитали) локализованы на каждом атомном участке, при сканировании поверхности образца в направлении *X* и / или *Y* с одновременным измерением выходного сигнала в цепи *Z* можно получить картину поверхностной структуры на атомном уровне. Эта структура может быть отображена в двух режимах: измеряя туннельный ток и поддерживая расстояние δ_z от острия до поверхности образца или измеряя изменения в положении острия (то есть расстояние до поверхности образца) при постоянном туннельном токе (второй режим используется чаще).

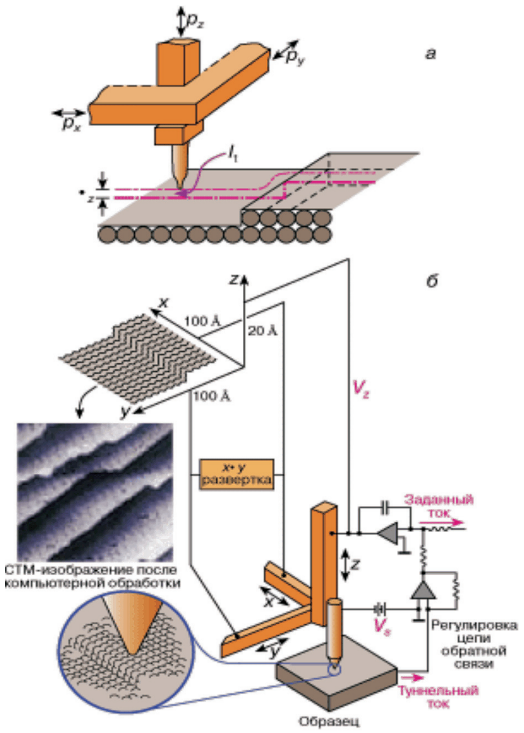


Рис. 33. Принцип действия СТМ: p_x, p_y, p_z — пьезоэлементы; δ_z — туннельный вакуумный промежуток между остриемзондом и образцом; *It* — туннельный ток; б — схема, иллюстрирующая работу СТМ. Туннельный ток, возникающий при приложении напряжения V_s, поддерживается постоянным за счет цепи обратной связи, которая управляет положением острия с помощью пьезоэлемента p_z. Запись осциллограммы напряжения V_z в цепи обратной связи при одновременном воздействии пилообразного напряжения развертки вдоль осей *x* и *y* образует туннельное изображение, являющееся своего рода репликой поверхности образца.

В теории идея красивая и простая, но на практике чрезвычайно сложная. Нужно полностью устранить вибрации, термические деформации, сделать иглу с одноатомным острием, да еще уметь перемещать ее с субатомной точностью. Первые две задачи можно решить, сделав виброразвязку и изолировав систему в вакууме от акустических шумов, а для компонентов конструкции подобрав материалы с малыми коэффициентами термического расширения. Что касается перемещения, тут к счастью, есть пьезодвигатели. Но как быть с иглой? Выручило то, что на атомном уровне поверхность всегда «шероховатая» и на ней всегда найдется «мини-острие», выступающее дальше всех. Именно оно первым будет «чувствовать» поверхность, а ток через соседние атомы на конце иглы будет на порядок меньше.

Важно, что сканирующие микроскопы способны на большее, чем просто открывать ученым мир отдельных атомов. Наконечником туннельного микроскопа (СТМ) можно перемещать наночастички по поверхности и создавать необходимые наноструктуры. Достаточно изменить интенсивность тока, стекающего с игольчатого наконечника СТМ, и сформировать узкий электронный пучок, как открывается возможность нарисовать с его помощью рисунки в наномасштабе, можно, перемещая отдельные атомы, создать кольца и проволочки толщиной в атом.

Кстати, в сказке Н. Лескова «Левша» первый русский нанотехнолог, сумевший подковать блоху, утверждает, что увидеть надписи на гвоздиках, которыми подкована блоха, можно только в мелкоскоп с увеличением в 5 миллионов раз, что в точности соответствует увеличению современного СТМ.

До его появления еще никому не удавалось разглядывать поверхность с такой невиданной детальностью – атом за атомом. Однако у СТМ есть один недостаток: с его помощью можно изучать только материалы, хорошо проводящие электрический ток. Такое ограничение вытекает из самого принципа работы СТМ – для эффективного туннелирования (просачивания) электронов через зазор между поверхностью исследуемого образца и чувствительным элементом прибора (иглой) на поверхности

должно быть много, как говорят физики, электронных состояний. Поэтому когда исследователи принялись изучать с помощью СТМ непроводящие вещества, они были вынуждены покрывать такие вещества металлической пленкой либо «пришивать» их к поверхности проводника, например золота.

Но вот в конце 1986 года была предложена конструкция прибора нового поколения, который тоже позволяет исследовать поверхности с беспрецедентной детальностью, но уже вовсе не обязательно электропроводящие. Новый прибор был назван атомным силовым микроскопом и сегодня именно он представляет наибольший интерес для исследователей.

Атомно-силовой микроскоп (АТМ) (*AFM — atomic force microscope*) — сканирующий зондовый микроскоп высокого разрешения, основан на взаимодействии иглы кантилевера (зонда) с поверхностью исследуемого образца. Кантилевер представляет крошечную консоль, толщина которой составляет от 0.1 до 5 мкм, ширина — от 10 до 40 мкм, а длина — от 100 до 200 мкм. С его помощью ученые могут «ощупать» поверхность и лежащие на ней отдельные молекулы, перемещать их, производить химические опыты со столь малыми количествами веществ, которые нельзя взвесить даже на самых точных лабораторных весах.

Обычно под взаимодействием кантилевера с поверхностью исследуемого образца понимается притяжение или отталкивание кантилевера от поверхности из-за сил Ван-дер Вальса (силы межмолекулярного взаимодействия с энергией 0,8–8,16 кДж/моль).

При использовании специальных кантилеверов можно изучать электрические и магнитные свойства поверхности. Кантилевер может исследовать как проводящие, так и непроводящие поверхности даже через слой жидкости, что позволяет работать с органическими молекулами (ДНК). Пространственное разрешение атомно-силового микроскопа зависит от размера кантилевера и кривизны его острия. Разрешение достигает атомарного по горизонтали и существенно превышает его по вертикали.

Атомно-силовой микроскоп был изобретён в 1986 году Герлом Биннингом и Кристофом Гербером в США. Атомно-силовой микроскоп применяется для снятия профиля поверхности и для изменения её рельефа, а также для манипулирования микроскопическими объектами на поверхности.

Принцип работы АСМ заключается в следующем. На тех расстояниях, на которых возникает туннелирование, между образцом и иглой начинает действовать достаточно большая сила. Она тоже, как и туннельный ток, зависит от величины промежутка и ее тоже можно измерять, используя, например, упругость подвеса – кантилевера, на котором закреплена игла. С одной стороны, открываются колоссальные перспективы – можно изучать любые тела независимо от их электропроводности, а с другой – появляются дополнительные проблемы. Сила взаимодействия между иглой и образцом, в отличие от туннельного тока, зависит от расстояния не монотонно, а довольно сложным образом: сначала это притяжение, которое с уменьшением расстояния, начиная примерно с 2 нм, сменяется отталкиванием. Поэтому область расстояний, в которой можно работать, весьма ограничена и требуется тщательная юстировка прибора, иначе полученную картину будет практически невозможно интерпретировать.

В общем, туннельный и атомно-силовой микроскопы очень похожи, но у них есть одно важное отличие – конструкция иглы. В туннельном игла принципиально закреплена очень жестко и никогда не должна касаться поверхности, а в атомно-силовом – обязательно на упругом подвесе (кантилевере) и может работать даже в прямом контакте с образцом. Для СТМ чем острее игла, тем лучше, а в атомно-силовом микроскопе слишком острая игла будет давать слишком маленький сигнал, который трудно зарегистрировать. Первое время кантилеверы для АСМ делали из золотой фольги с алмазным наконечником или из бытовой алюминиевой фольги с вольфрамовой проволочкой, а потом перешли на кремниевые, которые широко используются до сих пор.

АСМ представляет собой систему «образец + игла». На малых расстояниях между двумя атомами, один на подложке, другой на острие, при расстоянии около одного ангстрема действуют силы отталкивания, а на больших — силы притяжения. Величина этого усилия экспоненциально зависит от расстояния образец-игла. Отклонения зонда при действии близко расположенных атомов регистрируются при помощи измерителя нанoперемещений, в частности используют оптические, ёмкостные или туннельные сенсоры. Добавив к этой системе устройство развёртки по осям X и Y, получают сканирующий АСМ.

Принцип действия атомного силового микроскопа основан на использовании сил атомных связей, действующих между атомами вещества (рис. 34). На малых расстояниях между двумя атомами (около одного ангстрема) действуют силы отталкивания, а на больших – силы притяжения. Совершенно аналогичные силы действуют и между любыми сближающимися телами. В сканирующем атомном силовом микроскопе такими телами служат исследуемая поверхность и скользящее над нею острие.

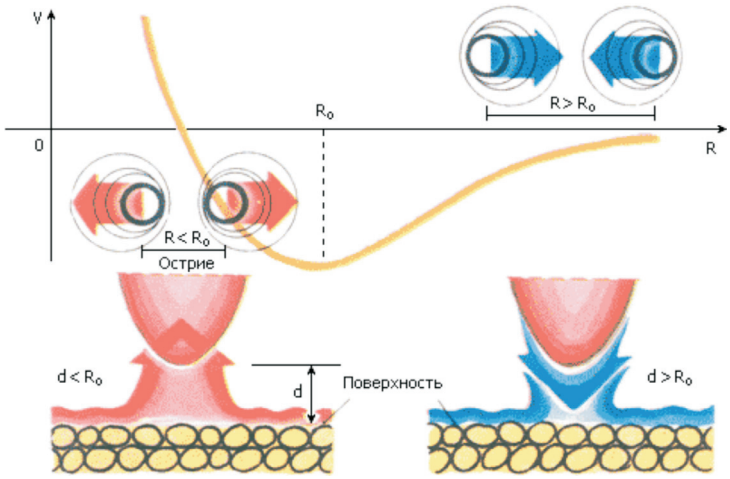


Рис. 34. Принцип действия атомного силового микроскопа (АСМ)

Обычно в приборе используется алмазная игла, которая плавно скользит над поверхностью образца (как говорят, сканирует эту поверхность). При изменении силы *F*, действующей между поверхностью и острием, пружинка *П*, на которой оно закреплено, отклоняется, и такое отклонение регистрируется датчиком *D*. В качестве датчика в АСМ могут использоваться любые особо точные и чувствительные – прецизионные – измерители перемещений, например оптические, емкостные или туннельные датчики.

На рисунке показан именно последний тип датчика – фактически это такая же игла, какая применяется в сканирующем туннельном микроскопе. Величина отклонения упругого элемента (пружинки) несет информацию о высоте рельефа – топографии поверхности и, кроме того, об особенностях межатомных взаимодействий. Можно сказать, что в атомном силовом микроскопе сканирование исследуемого образца происходит по «поверхности постоянной силы», тогда как в СТМ – по поверхности постоянного туннельного тока. Принципы же прецизионного управления, основанного на обратной связи и улавливающего самые ничтожные изменения рельефа поверхности, в СТМ и АСМ практически одинаковы.

Схема устройства АСМ приведена на рис. 35.

Основные технические сложности при создании микроскопа:

создание иглы, заострённой действительно до атомных размеров;

обеспечение механической (в том числе тепловой и вибрационной) стабильности на уровне лучше 0,1 ангстрема;

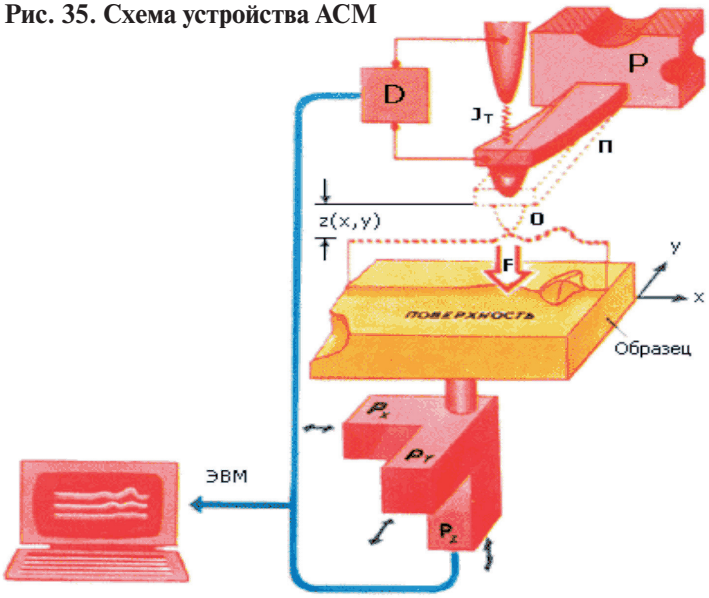
создание детектора, способного надёжно фиксировать столь малые перемещения;

создание системы развёртки с шагом в доли ангстрема;

обеспечение плавного сближения иглы с поверхностью.

АСМ позволяет получить истинно трёхмерный рельеф поверхности. Кроме того,

Рис. 35. Схема устройства АСМ



О – острие (игла), *П* – пружина, на которой оно закреплено; *P*, P_x, P_y, P_z – пьезоэлектрические преобразователи. При этом P_x и P_y служат для сканирования образца под иглой, а Pz управляет расстоянием от острия до поверхности, *D* – туннельный датчик, который регистрирует отклонения пружинки с острием.

непроводящая поверхность, рассматриваемая с помощью АСМ, не требует нанесения проводящего металлического покрытия, которое часто приводит к заметной деформации поверхности. Сверхвысоковакуумный АСМ по разрешению сравним со СТМ и просвечивающим электронным микроскопом.

АСМ можно использовать для определения типа атома в кристаллической решётке.

Манипулятор АСМ и СТМ позволяет при габаритах в несколько сантиметров передвигать иглу с разрешением лучше 0,1 Å.

Дальнейшее развитие зондовой микроскопии показало, что изложенный принцип может быть реализован практически для любого вида взаимодействия острия зонда с поверхностью.

Это привело к созданию целого ряда различных подвидов микроскопов, носящих общее название – сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ). Сегодня наиболее известны следующие их разновидности:

туннельные зонды;
атомно-силовые зонды;
оптические зонды ближнего поля;
магнитные силовые зонды;
электростатические силовые зонды и др.

Сегодня СЗМ являются основными инструментами нанотехнологии. Благодаря значительным усовершенствованиям они позволяют изучать не только топологию (геометрические свойства) исследуемых объектов, но и массу других характеристик: магнитные и электрические свойства, твердость, однородность состава и др. и все это с нанометровым разрешением!

Кроме определения различных параметров, современные СЗМ позволяют *манипулировать* нанообъектами, обеспечивать захват отдельных атомов и перенос их в новую позицию, производить атомарную сборку проводников шириной в один атом, придавая поверхностям различных предметов новые нужные качества.

Сегодня СТМ и АСМ уже стали широко распространенными исследовательскими инструментами. А нанотехнология без них просто топталась бы на месте – ну как иначе разглядеть, что делаешь, а главное – показать остальным результаты своего труда?

7.3. Наноматериалы

В настоящее время в мире зарегистрировано и выпускается промышленностью более 1800 наименований наноматериалов. Согласно данным о форме и химическом составе можно выделить следующие основные виды наноматериалов:

— углеродные наночастицы (фуллерены, нанотрубки, графен, углеродные нанопены),

— наночастицы простых веществ (не углерода),

— наночастицы бинарных соединений,

— препараты наночастиц сложных веществ.

Число известных наноматериалов, их производимые количества и область их использования постоянно расширяются[65,78б126].

Наибольший интерес в настоящее время проявляется к углеродным наночастицам, призванным сыграть значимую роль в экономике 21 века.

Самый простой вид нанопродукции — наночастицы. Измельчение до частиц размером в десятки или сотни нанометров часто придает давно известным материалам новые полезные качества. Одна из причин в том, что суммарная поверхность частиц в таком нанопорошке становится огромной. Поэтому материал в нанопорошке как бы выворачивается наизнанку, почти все атомы оказываются на поверхности, на границе с внешним миром и энергично с ним взаимодействуют.

Например, серебро в форме наночастиц становится губительным для бактерий — это успешно применяется в современных ранозаживляющих повязках. Другой пример — нанорезина, нанопорошок из отработанных шин. Когда его добавляют в сырье для асфальта, дорога, покрытая таким асфальтом, служит в несколько раз дольше обычной.

Нанопорошки глины в последние годы используют в изолирующих покрытиях силовых кабелей — такая изоляция очень плохо горит и это повышает безопасность зданий. Наночастицы диоксида титана (основы всем известных титановых белил) помогли создать самоочищающееся стекло: их локальная химия не дает мелким частичкам грязи прилипать к стеклу.

Мягкие металлы добавляют в виде наночастиц в масло для автомобилей и износ деталей двигателя резко снижается. Нанопорошок алюминия в твердом ракетном топливе радикально ускоряет его сгорание, а наночастицы соединений платины очень эффективно работают в автомобильных катализаторах.

Обычная литий-ионная батарейка полностью обновилась за счет использования наноматериалов. Недавно начался промышленный выпуск литий-ионных аккумуляторов, содержащих наночастицы,— они заряжаются с немыслимой еще вчера скоростью: на 80% всего за минуту (обычно для этого требуется несколько часов).

Фуллерены

Фуллерены и в целом углеродные наноструктуры являются ярчайшими представителями наномира. Открытие фуллеренов — новой формы существования одного из самых распространенных элементов на Земле – углерода, признано одним из удивительных и важнейших открытий в науке XX столетия. Открытие фуллеренов оказалось настолько значимым явлением, что троим его авторам – Г. Крото (Великобритания), Р. Смолли и Р. Кёрлу (США) – в 1996 г. была присуждена Нобелевская премия в области химии[83,97].

Фуллерены — молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм (аллотропия — существование одного и того же химического элемента в виде двух и более простых веществ, различных по строению и свойствам. Примеры алло-

тропии: O_2 — кислород и O_3 — озон.) углерода (другие — алмаз, карбин и графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из четного числа трехкоординированных атомов углерода.

Первоначально данный класс соединений был ограничен лишь структурами, включающими только пяти— и шестиугольные грани. Заметим, что для существования такого замкнутого многогранника, построенного из n вершин, образующих только пяти— и шестиугольные грани, согласно теореме Эйлера для многогранников, необходимым условием является наличие ровно 12 пятиугольных граней и n / 2–10 шестиугольных граней.

Полиэдрические кластеры углерода получили название фуллеренов, а наиболее распространенная молекула C_{60} — бакминстерфуллерена, по имени американского архитектора Бакминстера Фуллера, применявшего для постройки куполов своих зданий пяти— и шестиугольники, являющиеся основными структурными элементами молекулярных каркасов всех фуллеренов (рис. 36).

Единственным способом получения фуллеренов в настоящий момент является их искусственный синтез. Установлено, что фуллерены в значительном количестве содержатся в саже, образующейся в дуговом разряде на графитовых электродах — их раньше просто не замечали.

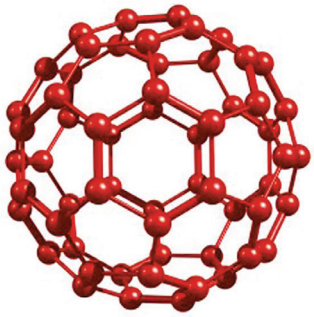


Рис. 36. Фуллерен C_{60}

В молекулах фуллеренов атомы углерода расположены в вершинах правильных шести— и пятиугольников, из которых составлена поверхность сферы или эллипсоида. Самый симметричный и наиболее полно изученный представитель семейства фуллеренов — фуллерен C_{60}, в котором углеродные атомы образуют многогранник, состоящий из 20 шестиугольников и 12 пятиугольников и напоминающий футбольный мяч. Так как каждый атом углерода фуллерена C_{60} принадлежит одновременно двум шести— и одному пятиугольнику, то все атомы в C_{60} эквивалентны.

Следующим по распространенности является фуллерен C_{70}, отличающийся от фуллерена C_{60} вставкой пояса из 10 атомов углерода в экваториальную область C_{60}, в результате чего молекула C_{70} оказывается вытянутой и напоминает своей формой мяч для игры в регби.

Методом получения граммовых количеств фуллеренов является сжигание графитовых электродов в электрической дуге в атмосфере гелия при низких давлениях. В процессе эрозии анода на стенках камеры оседала сажа, содержащая некоторое количество фуллеренов. Довольно скоро удалось подобрать оптимальные параметры испарения электродов (давление, состав атмосферы, ток, диаметр электродов), при которых достигается наибольший выход фуллеренов, составляющий в среднем 3–5 % материала анода, что, в конечном счете, определяет высокую стоимость фуллеренов.

Сравнительно быстрое увеличение общего количества установок для получения фуллеренов и постоянная работа по улучшению методов их очистки привели к существенному снижению стоимости C_{60} за последние 17 лет — с 10000 долларов до 10–15 долларов за грамм, что подвело к рубежу их реального промышленного использования.

Наиболее эффективный способ получения фуллеренов основан на термическом разложении графита. Используется как электролитический нагрев графитового электрода, так и лазерное облучение поверхности графита На рис. 37 показана схема установки для получения фуллеренов, которую использовал В.Кретчмер. Распыление графита осуществляется при пропускании через электроды тока с частотой 60 Гц, величина тока от 100 до 200А, напряжение 10–20 В. Регулируя натяжение пружины, можно добиться, чтобы основная часть подводимой мощности выделялась в дуге, а не в графитовом стержне. Камера заполняется гелием, давление 100 Тор (тор — вне-

системная единица давления 133,322 (н/м^2, или паскаля). Названа в честь Э. Торричелли — итальянский физик, 1608–1647 гг.).

Скорость испарения графита в этой установке может достигать 10г/В. При этом поверхность медного кожуха, охлаждаемого водой, покрывается продуктом испарения графита, т.е. графитовой сажей. Если получаемый порошок соскоблить и выдержать в течение нескольких часов в кипящем толуоле, то получается темно-бурая жидкость. При выпаривании ее во вращающемся испарителе получается мелкодисперсный порошок, вес его составляет не более 10% от веса исходной графитовой сажи, в нем содержится до 10% фуллеренов C_{60} (90%) и C_{70} (10%).Описанный дуговой метод получения фуллеренов получил название «фуллереновая дуга».

Необходимо отметить, что высокую стоимость фуллеренов определяет не только их низкий выход при сжигании графита, но и сложность выделения, очистки и разделения фуллеренов различных масс из углеродной сажи. Обычный подход состоит в следующем: сажу, полученную при сжигании графита, смешивают с толуолом или другим органическим растворителем (способным эффективно растворять фуллерены), затем смесь фильтруют или отгоняют на центрифуге, а оставшийся раствор выпаривают (рис.37).

После удаления растворителя остается темный мелкокристаллический осадок — смесь фуллеренов, называемый обычно фуллеритом. В состав фуллерита входят различные кристаллические образования: мелкие кристаллы из молекул C_{60} и C_{70} и кристаллы C_{60}/C_{70}, являются твердыми растворами. Кроме того, в фуллерите всегда содержится небольшое количество высших фуллеренов (до 3 %). Разделение смеси фуллеренов на индивидуальные молекулярные фракции производят с помощью жидкостной хроматографии на колонках и жидкостной хроматографии высокого давления (ЖХВД). Последняя используется главным образом для анализа чистоты выделенных фуллеренов, так как аналитическая чувствительность метода ЖХВД очень высока (до 0.01 %). Наконец, последний этап — удаление остатков растворителя из твердого образца фуллерена. Оно осуществляется путем выдерживания образца при температуре 150—250°С в условиях динамического вакуума (около 0,1 торр).

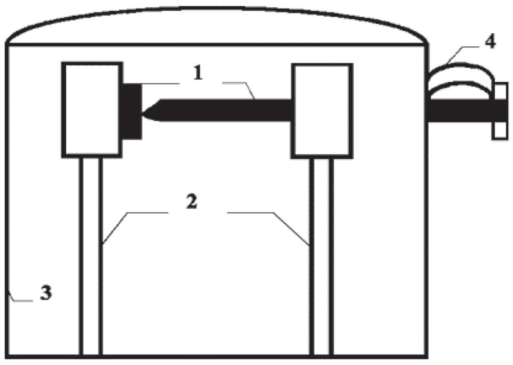


Рис. 37. Схема установки для получения фуллеренов:
1 – графитовые электроды;
2 – охлаждаемая медная шина;
3 – медный кожух,
4 – пружины.

В настоящее время преобладающая часть научных исследований связана с химией фуллеренов. На основе фуллеренов уже синтезировано более 3 тысяч новых соединений. Столь бурное развитие химии фуллеренов связано с особенностями строения этой молекулы и наличием большого числа двойных сопряженных связей на замкнутой углеродной сфере. Комбинация фуллерена с представителями множества известных классов веществ открыла для химиков-синтетиков возможность получения многочисленных производных этого соединения.

Фуллерены планируют использовать в качестве основы для производства аккумуляторных батарей. Эти батареи, принцип действия которых основан на реакции присоединения водорода, во многих отношениях аналогичны широко распространенным никелевым аккумуляторам, однако, обладают, в отличие от последних, способностью запасать примерно в пять раз больше удельное количество водорода. Кроме того, такие батареи характеризуются более высокой эффективностью, малым

весом, а также экологической и санитарной безопасностью по сравнению с наиболее продвинутыми в отношении этих качеств аккумуляторами на основе лития. Такие аккумуляторы могут найти широкое применение для питания персональных компьютеров и слуховых аппаратов.

Растворы фуллеренов в неполярных растворителях (сероуглерод, толуол, бензол, тетрахлорметан, декан, гексан, пентан) характеризуются нелинейными оптическими свойствами, что проявляется, в частности, в резком снижении прозрачности раствора при определенных условиях. Это открывает возможность использования фуллеренов в качестве основы оптических затворов— ограничителей интенсивности лазерного излучения.

Возникает перспектива использования фуллеренов в качестве основы для создания запоминающей среды со сверхвысокой плотностью информации. Фуллерены могут найти применение в качестве присадок для ракетных топлив, смазочного материала.

Большое внимание уделяется проблеме использования фуллеренов в медицине и фармакологии. Обсуждается идея создания противораковых медицинских препаратов на основе водорастворимых эндоэдральных соединений фуллеренов с радиоактивными изотопами. Эндоэдральные соединения – это молекулы фуллеренов, внутри которых помещен один или более атомов какого— либо элемента. Найдены условия синтеза противовирусных и противораковых препаратов на основе фуллеренов. Одна из трудностей при решении этих проблем – создания водорастворимых нетоксичных соединений фуллеренов, которые могли бы вводиться в организм человека и доставляться кровью в орган, подлежащий терапевтическому воздействию.

Фуллерены и фуллереновые сажи могут успешно применяться в качестве антифрикционных, противоизносных и антизадирных добавок к следующим материалам:

индустриальные смазочные масла;
пластичные смазки;
полимерные материалы;
различные полимерные покрытия (алмазные покрытия);
производство фармацевтических препаратов;
производство резины (фуллерены повышают износостойкость автошин);
в нанотехнологиях (производство нанотрубок для дисплеев мониторов);
производство катализаторов.

Алмазные пленки – это защитные покрытия, которые применяются:

для инструментов, где на поверхности большие механические нагрузки (геологические буры)

на железной дороге (в колесной паре колесо-башмак увеличивает срок службы в 1,5 раза (5–7лет).

Уже созданы промышленные установки по производству фуллеренов, в том числе и в России. В России разработана технология создания и производства сверхтвердых материалов на основе фуллеренов, готовая для коммерческого применения.

В 2001–2002 годах в Японии построен завод по производству фуллеренов в объеме десятков тонн, выпускаются первые партии изделий, в которых фуллерены используются как компонент новых композитных материалов.

Технология позволяет накапливать значительные количества высших фуллеренов.

В мировой научной литературе уже принят новый термин «наноуглерод» (nanocarbon) для обозначения семейства, состоящего из различных типов фуллеренов, углеродных нанотруб, нанографита, наноалмазов, углеродных «луковиц». По существу, открылся целый мир новых углеродных наноматериалов, которые могут быть получены в лаборатории (теперь уже и в промышленных масштабах), которые интересны как «кирпичи» для современных нанотехнологий. Характерные размеры этих «кирпичей»

— от долей до единиц нанометра. Это действительно новый мир материалов, наноблоки для умелого конструктора. Именно поэтому в промышленно развитых странах углеродным нанотехнологиям уделяют столько внимания, именно поэтому каждый год в мире проводится несколько международных конференций по наноуглероду.

Области применения наноуглерода простираются от биологии и медицины (ведь одним из основных элементов всего живого является углерод!), до нового поколения электроники и машиностроения. Применение нанотруб в транзисторах нового поколения прогнозируют на 2010–2015 годы.

Известно, что использование водорода в качестве универсального высокоэффективного и экологичного энергоносителя в энергетике имеет большие перспективы, особенно в виде топлива для мобильных транспортных средств. Препятствует этому нерешенная проблема его хранения и транспортировки. Так, ни один из существующих в настоящее время способов хранения водорода не удовлетворяет требованиям к системам хранения, предъявляемым, например, Департаментом энергетики США и Международным энергетическим агентством. Успешное решение этой проблемы определит прогресс в развитии водородной технологии и энергетики. В последние годы в качестве обратимых сорбентов водорода для создания его аккумуляторов все чаще предлагают использовать фуллерены и их производные, углеродные нанотрубки и нановолокна.

Значительный интерес для материаловедов представляет синтез фуллеренов и их соединений в структуре железоуглеродистых сплавов. Российскими учеными обнаружено зарождение фуллеренов в расплавах сталей в процессе их кристаллизации и подтвержден факт присутствия углеродных скоплений в виде фуллеренов на примере серого чугуна; проведено исследование закономерностей формирования фуллеренсодержащих фаз в материалах, полученных методом порошковой металлургии Получаемые результаты открывают перспективы создания новых конструкционных материалов с улучшенными физико-механическими характеристиками на основе углеродистой стали.

Известно, что слой фуллеренов свободно пропускает слабое излучение, но способен мгновенно увеличить уровень поглощения при усилении излучения. На этом свойстве основано создание оптического затвора для защиты оборудования и аппаратуры от интенсивного лазерного излучения (лазерного удара) или приборов ночного видения от любой яркой резкой вспышки в ночное время. Такая защита важна и для органов зрения персонала, работающего с лазерной техникой.

Использование их в качестве наномодификаторов позволяет существенно улучшить характеристики (прочность, тепло— и электропроводность) конструкционных углепластиков для военного авиастроения, а применение в специальных многофункциональных полимерных покрытиях способствует обеспечению скрытности по различным физическим полям объектов военной техники.

Нанотрубки

Углеродные нанотрубки — протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров состоят из одной или нескольких свернутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и заканчиваются обычно полусферической головкой (рис. 38).

Различают металлические и полупроводниковые нанотрубки. Металлические нанотрубки проводят электрический ток даже при абсолютном нуле температур, в то время как проводимость полупроводниковых трубок равна нулю при абсолютном нуле и возрастает при повышении температуры.

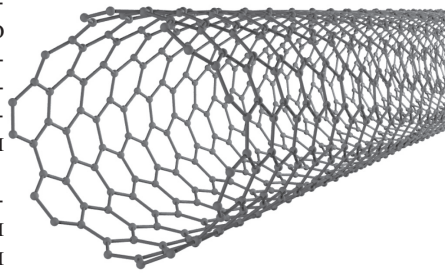


Рис. 38. Изображение нанотрубки

Что касается углеродных нанотрубок, то здесь нельзя назвать точную дату их открытия. Первые упоминания о них датируются 50-ми годами прошлого века.

При изучении нанотрубок было открыто много удивительного. Во-первых, разнообразие форм: нанотрубки могли быть большие и маленькие, однослойные и многослойные, прямые и спиральные. Во-вторых, несмотря на кажущуюся хрупкость и даже ажурность, нанотрубки оказались на редкость прочным материалом, как на растяжение, так и на изгиб. Более того, под действием механических напряжений, превышающих критические, нанотрубки также ведут себя экстравагантно: они не «рвутся» и не «ломаются», а просто-напросто перестраиваются[126].

Далее, нанотрубки демонстрируют целый спектр самых неожиданных электрических, магнитных, оптических свойств. Например, в зависимости от конкретной схемы сворачивания графитовой плоскости, нанотрубки могут быть и проводниками, и полупроводниками.

Поражает разнообразие применений, которые уже придуманы для нанотрубок. Первое, что напрашивается само собой, это применение нанотрубок в качестве очень прочных микроскопических стержней и нитей. По своей прочности нанотрубки превосходят сталь в 50–100 раз (хотя нанотрубки имеют в шесть раз меньшую плотность). Модуль Юнга — характеристика сопротивления материала осевому растяжению и сжатию — у нанотрубок в среднем вдвое выше, чем у углеродных волокон. Трубки не только прочные, но и гибкие, напоминают по своему поведению не ломкие соломинки, а жесткие резиновые трубки.

Нить диаметром 1 мм, состоящая из нанотрубок, могла бы выдержать груз в 20 т, что в несколько сотен миллиардов раз больше ее собственной массы.

Нанотрубка может являться частью физического прибора — это «насаживание» ее на острие сканирующего туннельного или атомного силового микроскопа. Обычно такое острие представляет собой остро заточенную вольфрамовую иглу, но по атомным меркам такая заточка все равно достаточно грубая. Нанотрубка же представляет собой идеальную иглу диаметром порядка нескольких атомов. Прикладывая определенное напряжение, можно подхватывать атомы и целые молекулы, находящиеся на подложке непосредственно под иглой, и переносить их с места на место.

Необычные электрические свойства нанотрубок сделают их одним из основных материалов наноэлектроники. Уже сейчас созданы опытные образцы полевых транзисторов на основе одной нанотрубки.

Целый класс применений нанотрубок связан с использованием ее как микроконтейнера. Как показали эксперименты, открытая нанотрубка обладает капиллярными свойствами, то есть она как бы втягивает в себя вещество. Таким образом, нанотрубки можно использовать как микроскопические контейнеры для перевозки химически или биологически активных веществ: белков, ядовитых газов, компонентов топлива и даже расплавленных металлов. Попав внутрь нанотрубки, атомы или молекулы уже не могут выйти наружу: концы нанотрубок надежно «запаяны», а углеродное ароматическое кольцо слишком узкое для большинства атомов. В таком виде активные атомы или молекулы можно безопасно транспортировать. Попав в место назначения, нанотрубки раскрываются с одного конца (а операции «запаивания» и «распаивания» концов нанотрубок уже вполне под силу современной технологии) и выпускают свое содержимое в строго определенных дозах.

В настоящее время наиболее распространённым методом получения нанотрубок является метод термического распыления графитовых электродов в плазме дугового разряда. Процесс синтеза осуществляется в камере, заполненной гелием под давлением около 500 торр. При горении плазмы происходит интенсивное термическое испарение анода, при этом на торцевой поверхности катода образуется осадок, в котором формируются нанотрубки углерода. Максимальное количество нанотрубок образуется тогда, когда ток плазмы минимален и его плотность около 100 А/см^2. В экспериментальных установках напряжение между электродами составляет около 15-25В, ток разряда несколько десятков ампер, расстояние между концами графито-

вых электродов 1–2 мм. В процессе синтеза около 90% массы анода осаждается на катоде. Образующиеся многочисленные нанотрубки имеют длину около 40 мкм. Они нарастают на катоде перпендикулярно плоской поверхности его торца и собраны в цилиндрические пучки диаметром около 50 мкм. Пучки нанотрубок регулярно покрывают поверхность катода, образую сотовую структуру.

Содержание нанотрубок в углеродном осадке около 60%. Для разделения компонентов полученный осадок помещают в метанол и обрабатывают ультразвуком. В результате получается суспензия, которая после добавления воды подвергается разделению в центрифуге. Крупные частицы прилипают к стенкам центрифуги, а нанотрубки остаются плавающими в суспензии. Затем нанотрубки промывают в азотной кислоте и просушивают в газообразном потоке кислорода и водорода в соотношении 1:4 при температуре 750^0 С в течение 5 минут. В результате такой обработки получается лёгкий пористый материал, состоящий из многочисленных нанотрубок со средним диаметром 20 нм и длиной 10 мкм. Пока максимальная достигнутая длина нановолокна — 1 см. В связи со сложностью получения нанотрубок 1 грамм стоит несколько сот долларов США.

Ученые создали первый наномасштабный мотор на основе многостенных нанотрубок. Углеродная нанотрубка выполняет своего рода роль оси, на которой монтируется ротор. Максимальные размеры наномотора порядка 500 нм, ротор имеет длину от 100 до 300 нм, а вот нанотрубка-ось имеет в поперечнике размер всего несколько атомов, т.е. примерно 5-10 нм.

Разработано уже и несколько применений нанотрубок в компьютерной индустрии. Например, по оценкам специалистов, нанотехнологии позволят уже в ближайшее время создать микропроцессоры, которые будут содержать около 1 миллиарда транзисторов и смогут работать на частоте до 20 гигагерц при напряжении питания менее 1 вольта.

Также предполагается разработка плат памяти принципиально нового образца, созданных на основе нанотехнологий. Так, компания Nantero Inc. активно занимается разработкой новых технологий, в частности, уделяет немалое внимание поиску способов создания энергонезависимой оперативной памяти (RAM) на основе углеродных нанотрубок. Было объявлено о том, что в ближайшее время возможно создание плат памяти ёмкостью 10 Гб.

Уже созданы и опробованы прототипы тонких плоских дисплеев, работающих на матрице из нанотрубок. Получающееся при этом зерно изображения будет очень малым: порядка микрона.

Основываясь на свойстве углеродных нанотрубок, согласно которому можно заполнять нанотрубки различными веществами, возможно их использование в медицине. В «запаянном» виде активные атомы или молекулы можно безопасно транспортировать. Попав в место назначения, нанотрубки раскрываются с одного конца и выпускают свое содержимое в строго определенных дозах. Так, больному вводят в кровь заранее приготовленные нанотрубки с очень активными ферментами, эти нанотрубки собираются в определенном месте организма некими микроскопическими механизмами и «вскрываются» в определенный момент времени. Современная технология уже практически готова к реализации такой схемы.

Международная группа ученых показала, что нанотрубки можно использовать для создания искусственных мускулов, которые при одинаковом объеме могут быть втрое сильнее биологических, не боятся высоких температур, вакуума и многих химических реагентов.

Учёными было найдено и другое необычное применение нанотрубок. Во время изучения нанотрубки, при попытке сфотографировать её с помощью обычного фотоаппарата со вспышкой, блок нанотрубок при свете вспышки издал громкий хлопок и, ярко вспыхнув, взорвался. Следовательно, возможно использование их в качестве детонаторов для подрыва боезарядов. Высказывается предположение, что черные углеродные нанотрубки взрываются при свете вспышки, поскольку поглощают свет

чрезвычайно эффективно. Световая энергия превращается в тепловую, которая не может быстро диссипироваться вдоль сборки нанотрубок. Но взрываются только одностеночные нанотрубки. Первоначальный хлопок происходит вследствие нагрева кислорода внутри нанотрубок и между ними, что приводит к возникновению ударной волны. Как только температура углерода в стенках трубок достигает 600-700° С, он мгновенно сгорает.

Специалистам IBM Research удалось заставить светиться углеродные нанотрубки. Светоизлучающая нанотрубка имеет диаметр всего 1,4 нм, то есть в 50 тысяч раз тоньше человеческого волоса. Это самое миниатюрное в истории твердотель ное светоизлучающее устройство.

Углеродные нанотрубки уже давно рассматриваются как чудодейственный материал будущего. Диапазон их применений включает сверхскоростные компьютеры и сверхмалые электронные устройства, а также материалы, которые имеют малую массу, но обладают прочностью и твердостью, которая выше твердости алмаза.

Графены

В марте 2007 года в британском журнале Nature появилось несколько статей ученых из Манчестерского университета Великобритании и их коллег из Германии и Голландии, посвященных очередному прорыву в исследованиях тончайших углеродных материалов — *графенов*.

Неформальные лидеры этого интернационального научного коллектива, специалисты Группы мезоскопной физики (автономного подразделения Манчестерского университета) Андре Гейм и Костя Новоселов — наши экс-соотечественники.

Команда ученых из манчестерского университета создала в 2004 г. уникальную ткань в виде сверхгигантской плоской молекулы. Этот материал получился в результате эксперимента по отделению атомарного слоя от кристалла графита. Результат получился потрясающий: «отрезанные» от основного куска вещества элементарные частицы сохранили связь друг с другом, образовав «заплатку» толщиной в один атом.

Ученые говорят, что нет никаких принципиальных ограничений для создания в лабораторных условиях образца площадью в несколько квадратных сантиметров.

Вплоть до 2004 г. были известны трехмерные (3D, алмаз, графит), одномерные (1D, нанотрубки) и нульмерные (0D, фуллерены) аллотропные формы углерода. В этой последовательности явно не хватало двухмерной формы, долго сопротивлявшейся всем экспериментальным попыткам ее получить. Эти трудности не были сюрпризом для исследователей, поскольку имелось теоретическое обоснование, что двухмерные кристаллы не могут существовать. И вот такие кристаллы были созданы. Получаются они путем механического срезания верхнего слоя графитового блока с последующим разделением его на атомарные монослои с помощью лазера.

Чудо физики получило название *графен (*$C_{62}H_{20}$). На свет появился еще один принципиально новый класс наноматериалов — сверхтонкие углеродные пленки. Он — близкий родственник экзотических углеродных сверхмолекул — нанотрубок и фуллеренов. Разница лишь в том, что в отличие от уже известных материалов, в графене все частицы расположены в одной плоскости. Внешне вновь открытая молекула представляет собой миллионы развернутых углеродных нанотрубок, которые были уплощены и склеены в «бесконечно большой» – с точки зрения размеров атома – лист (рис.39).

Графен отличается высокой прочностью, эластичностью и отличной электропроводностью. Так что авторы работы прочат ему большое будущее не только среди новых материалов. По мнению ученых, электропроводящая ткань найдет достойное применение в суперкомпьютерах грядущего, где размеры логических схем будут уменьшены в миллионы раз, а скорость обработки и передачи данных неизмеримо возрастет.

Полученные стабильные углеродные наноматериалы толщиной всего в один

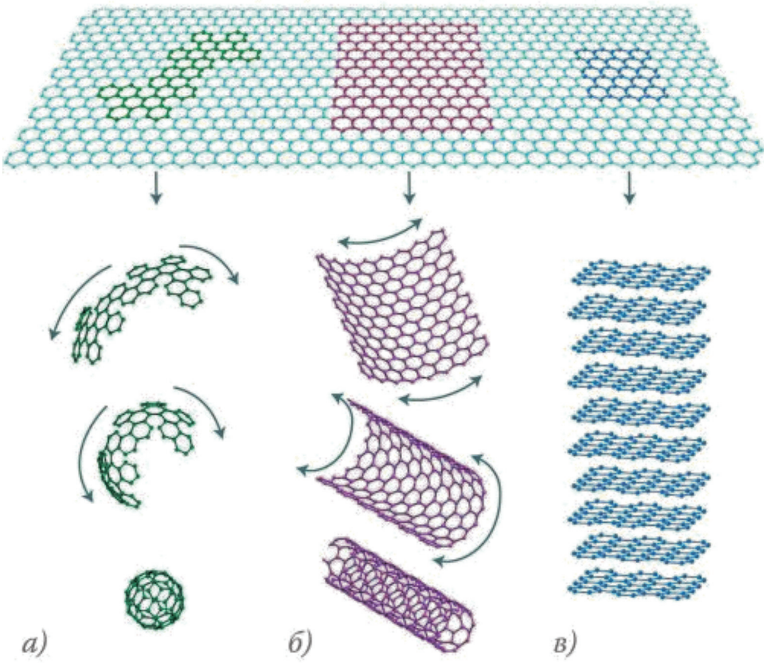


Рис. 39. Графен является двухмерным строительным блоком для углеродных материалов других размерностей: 0D, фуллерен (а), 1D, нанотрубки (б) и 3D, графит (в)

атом углерода (порядка 0,1 нм) могут стать основой будущей микроэлектроники, сменив современные кремниевые технологии.

Атомы углерода в графене расположены в углах правильных шестиугольников, похожих на пчелиные соты. Каждый атом связан с тремя своими соседями сильной ковалентной связью, благодаря которой графен очень прочен и химически устойчив. А один электрон из четырех валентных электронов каждого атома остается свободным, обеспечивая графену великолепную электропроводность.

Есть ряд областей, где графен может быть использован уже сегодня. Одна из них – газовые датчики. Было показано, что графен абсорбирует молекулы газа из окружающей атмосферы, которые образуют примеси в слое графена, при этом свойства электронов и дырок зависят от природы газа. Следя за изменениями сопротивления, можно в считанные минуты определить концентрации определенных газов в окружающей среде.

Другая перспективная возможность – использование графенового порошка в электрических батареях, являющихся основным потребителем для графита. Графен также рассматривается как важная составляющая в некоторых композитных материалах, в частности электропроводящих пластиках.

Так или иначе, но уникальные свойства графена обеспечат внимание к нему ученых и разработчиков не один десяток лет, и может быть, вскоре он начнет вытеснять кремний из электронной промышленности. Плоские наноуглеродные материалы позволят сохранить закон Мура в силе и через двадцать лет.

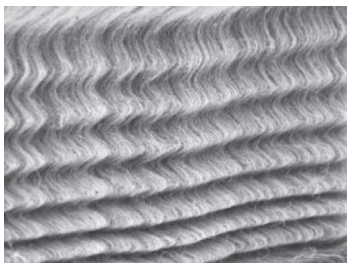
Графен обладает уникальными физическими свойствами. Из-за того, что графен представляет собой двумерную структуру, электроны в нём ведут себя как релятивистские частицы с нулевой массой покоя и движутся со скоростью порядка 1000 м/с. Несмотря на то, что это значение в 300 раз меньше скорости света в вакууме, оно значительно превышает скорость электронов в обычном проводнике. Но самое удивительное то, что электрическая проводимость графена не падает ниже определенного минимального значения, даже если в нем уже практически отсутствуют носители заряда. Во всех других материалах проводимость в этом случае стремится к

нулю. Этот эффект, на первый взгляд, совершенно противоречит здравому смыслу, а измеренная величина минимальной проводимости графена еще ждет объяснений теоретиков.

При облучении графена электромагнитными волнами он испускает излучение более высокой частоты и таким образом, может работать как умножитель частоты. Такое преобразование частоты можно использовать для получения излучения в диапазоне частот, для которых не существует подходящих источников излучения. Одним из таких диапазонов является терагерцовый диапазон (от 100 ГГц до 1-10 ТГц). Для частот менее 100 ГГц есть мощные источники излучения.

Источники терагерцового излучения могут найти применение в различных областях, включая безопасность, медицину, астрономию и биологию. Терагерцовое излучение проникает через многие материалы (кроме металлов), поэтому может использоваться для контроля содержимого багажа в аэропортах. В медицине его можно использовать для обнаружения раковых опухолей на ранних стадиях развития.

Нанопена



В 2004 г. состоялось также открытие нового наноматериала под названием *нанопена*.

Исследователи из Австралийского Национального университета облучали углеродную мишень мощным лазером, выдающим 10 тысяч импульсов в секунду. Углерод нагрелся до 10 тысяч градусов Цельсия. В результате получился материал, представляющий собой мельчайшую сетку из углеродных нанотрубок. Учёные назвали материал нанопена.

Это мягкий чрезвычайно легкий материал. Нанопена чрезвычайно гибка, хорошо дышит, в пятьсот раз прочнее лучшей пенорезины и пенополиуретана, выдерживает высокую температуру, длительные механические воздействия и агрессивную химическую среду. Из углеродной нанопены получилась бы прекрасная набивка для мягких диванов и спортивного снаряжения, а также надежная упаковка, но пока она стоит слишком дорого.

Новая разновидность углерода представляет собой пористую структуру, сформированную из переплетенных углеродных трубочек, поперечник которых равен нескольким нанометрам. Это вещество обладает рекордно низким для твердых тел удельным весом — всего два миллиграмма на кубический сантиметр. К тому же это первая модификация углерода, у которой при комнатной температуре проявляются ферромагнитные свойства, правда, только на несколько часов.

Дальнейшее изучение её в различных институтах показало — это новая форма углерода. Одно из её необычных свойств — она притягивается к магнитам, хотя обычно углерод — немагнитный материал. Это свойство, наряду с хорошим поглощением инфракрасных лучей, открывает для нанопены любопытные сферы применения в медицине. В частности, введение микроскопических количеств нанопены в кровоток позволяет отслеживать течение крови в мельчайших капиллярах за счёт магнитно-резонансной томографии. А введение нанопены в опухоль помогло бы уничтожить последнюю за счёт инфракрасного излучения, так как нанопена нагревалась бы гораздо сильнее, чем соседние, здоровые ткани.

7.4. Философия нанообщества

Широкое развитие нанотехнологий и проникновение их в жизнь современного общества заставляет говорить о возможности постепенного преобразования его в на нообщество[2,49,65,77,87,102].

Нанообщество — это тип биосоциотехнической системы, состоящей из разнородных взаимосвязанных элементов и подсистем, свойств и отношений, созданной индивидами на основе нанотехнологий, целью которой является реализация экстремальных принципов в жизнедеятельности индивидов с помощью законов и социологических алгоритмов, действующих в определенных границах.

В качестве системопорождающих элементов данной системы будут выступать сначала Homo Sapiens, а затем Nano Sapiens. В качестве системообразующих элементов данной системы выступают результаты (материальные и идеальные продукты) нанотехнологической деятельности Homo и Nano Sapiens. Между системопорождающими и системообразующими элементами действует механизм обратной связи.

Момент возникновения нанообщества соответствует закономерности сокращения продолжительности периодов между научно-техническими революциями по общесистемному экспоненциальному закону. Из данного наблюдения вытекает, что возникновение нанообщества определяется системным законом.

Сначала развитие нанотехнологий будет наиболее интенсивно использоваться при производстве компьютеров и компьютерных сетей, в военной промышленности, где уже достигнуты значительные успехи. Затем эти технологии будут широко использоваться в производстве продуктов, медицине, в изменении биологического вида Homo Sapiens. Таким образом, здесь будет действовать общесистемный закон развития «от простого к сложному».

В настоящий момент расходы на научные исследования в Nanoscale Science (нанонауке), количество научных публикаций, патентов, количество ученых, занимающихся нанотехнологиями, увеличиваются с течением времени по степенному и экспоненциальному законам, которые являются общесистемными количественными законами роста.

История показывает, что научно-технологический детерминизм вызывает у многих людей ассоциацию с «ящиком Пандоры», негативные эмоции и ожидания, воскрешая в памяти прошлые негативные проявления научно-технических революций. В частности, известно, что при внедрении инноваций первой реакцией многих людей является действие по принципу «Сопротивляйся новому», поиск в инновации негативных аспектов и т.д. В то же время, меньшая часть населения будет являться «новаторами», активно поддерживающими внедрение нанотехнологий и пропагандирующих их преимущества, часто преувеличивая возможности новых технологий и замалчивая возможные угрозы. Данные закономерности поведения людей согласуются с результатами опросов общественного мнения, посвященных субъективному восприятию рисков и преимуществ развития нанотехнологий.

Таким образом, имеются основания предполагать, что в субъективной оценке нанотехнологий будут наблюдаться известные когнитивные и эмоциональные психологические закономерности индивидов. В этой связи можно отметить, что в системной социологии одним из направлений является изучение социальных агентов, в частности, на основе когнитивной психологии, поэтому данное направление системной социологии также будет использоваться в нанообществе.

В хозяйстве нанообщества будет доминировать наноотрасль, которая на основе «молекулярной мануфактуры» способна осуществить массовое производство идентичных дешевых товаров; некоторые традиционные отрасли хозяйства могут вообще исчезнуть. Рост доли нанотехнологий в мировой торговле между странами мира с течением времени будет, вероятно, происходить по общесистемному степенному или экспоненциальному законам. Промышленная разработка нанотехнологий сначала будет осуществляться крупными корпорациями, которые возникли в информационном

обществе. Так, компания Intel уже затратила более 5 млрд. долларов на разработку нанопроцессора для компьютеров нового поколения. Затем будут возникать небольшие компании, специализирующиеся на отдельных аспектах производства нанотехнологий. С течением времени рост частных инвестиций в компании, занимающиеся разработкой нанотехнологий, будет происходить по общесистемным законам роста.

Эксперты прогнозируют возникновение «черного» рынка нанотехнологий и других негативных экономических явлений, наблюдаемых в информационном обществе. В целом, имеются основания предполагать, что некоторые особенности нано-экономики соответствуют закономерностям, которые действовали в индустриальном и информационном обществах.

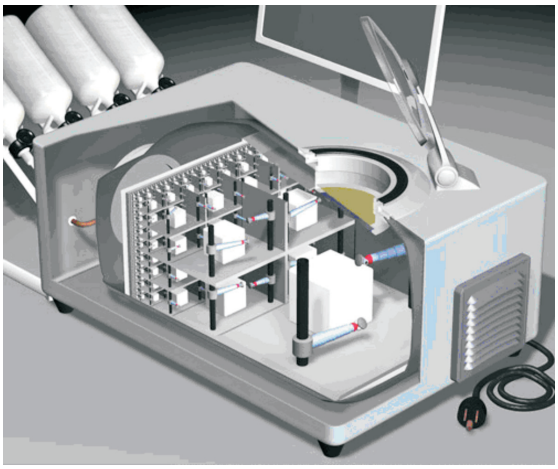


Рис. 40. Возможный вид нанофабрики

Нанотехнологии позволяют создавать различные изделия без крупных производственных мощностей и редких материалов, а размеры нанофабрик могут быть портативными, настольного размера. (рис. 40 и 41).

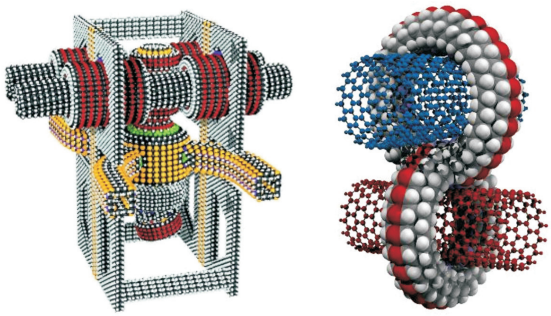


Рис. 41. Узлы нанофабрик

Данная тенденция обусловлена общесистемным принципом, действующим в технических и социальных системах, а именно, принципом минимакса, в данном случае, минимизацией размеров изделия при одновременном увеличении функций изделия. Принцип минимакса является одним из принципов оптимальности и обобщает экстремальные принципы, на основе которых функционирует общество. Нанотехнологии будут использоваться во многих существующих сейчас производственных технологиях, осуществляя «технологическую конвергенцию», которая будет разрушать барьеры между технологиями, в частности, генной инженерией, медициной, информационными технологиями. Например, нанотехнологии позволят существенно развить информационное общество за счет разработки квантовых компьютеров, практической реализации квантовых вычислений, создания новых информационных сетей большой пропускной способности и т.д.

В этом смысле, будущее нанообщество «вберет в себя» существующее сейчас информационное общество на качественно ином технологическом уровне, что соответствует системным законам стадиального развития и переходных периодов в социальных системах.

Если образование будет ориентировано на потребности наноотрасли, то потребуется интеграция знаний в области физики, молекулярной биологии, химии и техники и, соответственно, оно будет ориентировано на подготовку нанотехнологов, профессия которых будет максимально востребована. Данная закономерность соответствует известным закономерностям индустриального общества, в котором наиболее востребованными специалистами являлись инженеры, и информационного

общества, в котором наиболее востребованы программисты и специалисты по информационным технологиям.

Эксперты прогнозируют, что так же, как в индустриальном и информационном обществах, в нанообществе разработка и внедрение нанотехнологий будет проходить в три этапа.

На первом этапе, относительно коротком, будет происходить международный обмен научными результатами между учеными различных стран мира с помощью открытых научных публикаций и выступлений на международных конгрессах.

На втором этапе, который будет значительно продолжительнее, разработка и внедрение нанотехнологий будет происходить, преимущественно, в рамках национальных государств в условиях секретности, научной гонки и соперничества между странами мира: страна, которая раньше овладеет нанотехнологиями, займет ведущее место в будущем нанообществе. В этой связи некоторые эксперты отмечают, что у правительств стран, которые ранее других овладеют нанотехнологиями, может возникнуть искушение применить их в военных целях против стран, которые не имеют их.

На третьем этапе развитие нанотехнологий потребует международной интеграции научных и промышленных достижений, что приведет к росту научной, технологической и политической кооперации между странами.

Развитие нанотехнологий увеличит индивидуализм, поскольку если в информационном обществе доминировал «Свободный Человек с компьютером», то в нанообществе будет доминировать «Свободный Человек с нанотехнологией», индивидуальные возможности которого резко увеличатся. Рост индивидуализма «Свободного человека с нанотехнологией», наличие злонамеренных индивидов или небольших групп индивидов с соответствующими знаниями в области нанотехнологий могут привести к резкому росту глобальной угрозы человечеству. Вред хакеров в информационном обществе не идет ни в какое сравнение с вредом, который могут принести злонамеренные индивиды или индивиды с «комплексом Герострата» в нанообществе, используя нанотехнологии, — вплоть до уничтожения человечества.

Принципиально новые возможности нанотехнологий для увеличения продолжительности жизни людей, кардинального изменения Природы, невидимого наблюдения за частной жизнью граждан, несанкционированного или даже преступного манипулирования нанотехнологиями со стороны государственных органов власти и рост индивидуализма настоятельно побуждают к разработке наноэтики, которая, по оценкам специалистов, будет базироваться на некоторых системных постулатах, существующей в настоящее время биоэтики.

Опыт информационного общества показывает, что право традиционно «запаздывало» с разработкой соответствующего законодательства и правовых норм для новых информационных явлений, например, киберпреступности. Внедрение нанотехнологий может существенно сократить период времени между возникновением большого количества принципиально новых, в том числе и негативных явлений, например, нанопреступности, несанкционированной передачи конфиденциальной информации о нанотехнологиях и т.д., которые окажутся без соответствующей правовой оценки и регламентации.

Овладение человечеством набором современных высоких технологий, многократно увеличивающих его возможности, естественно и неизбежно вызывает самые существенные сдвиги в жизни общества. Одним из центральных направлений в этой связи выступает развитие нанотехнологий, поскольку именно они всепроникающи, как и информационные технологии и одновременно носят ярко выраженный производственный характер.

Достижения в данной области неизбежно ведут к революции в медицине, электронике, искусственном интеллекте, промышленности и других сферах человеческой деятельности. Иными словами, нанотехнология – это путь к созданию новой цивилизации с присущим ей набором ценностей и идеалов. Согласно прогнозам ряда исследователей, именно развитие нанотехнологий определит облик XXI века, подобно тому, как открытие атомной энергии, изобретение лазера и транзистора определили облик XX

столетия. Как отмечают эксперты, нанотехнологии произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую произвели компьютеры в сфере информации.

Нанотехнология сегодня рассматривается как ключевая высокая технология, как метод получения фундаментальных знаний, как самостоятельная сила направленного воздействия на природу, общество и человека.

Специфика нанотехнологии состоит в том, что она является не только практической технологией создания материальных объектов, обращенных на природный мир, но и нацелена на конструирование социального мира, что выражается в спектре возможностей ее применения. Кардинальное отличие нанотехнологии от всех остальных технологий состоит в том, что она позволяет преобразовывать мир на атомно-молекулярном уровне и использовать его неисчерпаемые ресурсы.

Социальные последствия развития нанотехнологии носят связанный с противоречивой природой социума двойственный (конструктивный и деструктивный) характер, проявляющийся в таких социально значимых областях, как военная и информационная сферы, экология, медицина, энергетика, повседневная жизнь. Специфика двойственного характера развития нанотехнологии заключается в кардинальном преобразовании физического мира, а это требует учета возможных необратимых последствий.

Антропологические и социокультурные эффекты развития нанотехнологии проявляются в модификации уровня чувствительности человека посредством наночипов, программирующих виртуальную реальность в его мозгу. Эти процессы определяют новые отношения сознания и технологически модифицированного бытия в формировании культуры впечатлений, способствующей творческой деятельности индивида, в необходимости новых этических ценностей гуманизма, в кардинальном изменении значимости религии в жизни человека, в культурной идентификации человека при открывающейся перспективе слияния с машиной.

Социокультурные перспективы развития нанотехнологии состоят в том, что, во-первых, появится новый образ жизни, во-вторых, в общественном сознании возникнет феномен «секуляризованной вечности», который обусловлен значительным увеличением продолжительности жизни и отделением биологического старения от «кода социальной смерти», в-третьих, произойдет кардинальное изменение смысла человеческой жизни, так как индивид будет способен почувствовать себя творцом природного и социального мира и обрести «практическое бессмертие».

Нанотехнологии, открывая уникальные перспективы для творчества, позволяют осуществлять манипуляции с отдельными молекулами и атомами и моделировать «изобретения» живой природы. Становится ясно, что по своим потенциальным возможностям и следующим из них социокультурным последствиям атомно-молекулярные технологии превосходят все, что до сих пор было достигнуто. Познание в этом аспекте выступает неотделимым от созидания. Между ними нет и не может быть четкой границы.

В свете концепция информационно-сетевого общества одного из самых авторитетных социальных мыслителей и исследователей современного мира профессора Калифорнийского университета (Беркли) М. Кастельса, нанотехнология может быть рассмотрена как высокая технология информационного общества. Согласно М. Кастельсу, имеют место пять основных характеристик парадигмы информационного общества:

- информация оказывается сырьем парадигмы и мы имеем дело с технологиями воздействия на информацию;
- всеохватность эффектов новых технологий;
- сетевая логика любых систем, использующих новые информационные технологии;
- парадигма основана на гибкости;
- растущая конвергенция конкретных технологий в высокоинтегрированной системе.

Как представляется, нанотехнологии отражают все эти характеристики, поскольку их суть – в появлении молекулярных машин, которые на неорганической основе произведут переворот в способе производства материальных благ в ранее невиданных и исторически беспрецедентных масштабах. Прогресс в области медицины, молекулярной биологии, генетики и протеомики в сочетании с новейшими достижениями электроники, робототехники и программного обеспечения должен привести к возможности новых биохимических манипуляций с клетками и генами, к созданию имплантируемых в мозг интерфейсов, сверхминиатюрных мощных компьютеров и даже искусственного интеллекта, превосходящего по уровню развития человеческий.

Как пишет главный куратор нанотехнологического проекта России М. Ковальчук: «Гибрид живой и неживой материи на основе соединения новейших технологий – вот главный переворот, который несут человечеству нанотехнологии».

Все перечисленные направления научно-технического прогресса отличаются взаимосвязью и способностью к синергизму, что проявляется в процессе происходящего именно сейчас на уровне НТ-процесса конвергенции различных научных дисциплин в единое целое. В число таких наук входят, прежде всего, нанотехнологии, биотехнологии, информационные технологии и когнитивные науки, причем нанотехнология выступает в трояком аспекте:

- технология практической деятельности (создание сверхминиатюрных мощных компьютеров и т.д.);
- психотехнология (создание имплантируемых в мозг интерфейсов или нейрочипов, которые могут быть запрограммированы на создание непосредственно в сознании человека той или иной виртуальной картины мира, модифицируя его чувственное восприятие);
- социальная технология (созданная в мозгу человека виртуальная картина мира определяет его социальное поведение).

Возможность цивилизационного подхода связана с тем, что проектируемый спектр применений нанотехнологии охватывает практически все сферы человеческой деятельности и призван изменить технологические парадигмы. Уже сегодня в ряде научных исследований делается вывод о фактически свершившейся смене технологических парадигм от микро к нано. Такого рода смена характеризует начало изменений, ведущих к глобальным последствиям уже цивилизационного масштаба. Спектр возможных применений нанотехнологии показывает диапазон ее широкого проникновения во все области промышленного производства, что создает новые вызовы для развития земной цивилизации.

Ценностный пласт мировоззрения человека в информационном обществе определяется его материальными и духовными потребностями. Комфорт и мобильность, являясь ценностями мультимедийной (виртуальной) культуры, предполагают повышение эффективности и качества жизни. Эти ценности также предполагают идею личности, связанную с практическим отношением к продолжительности жизни, ее качеству, отношением к смерти как чему-то противному сущности человека. Мобильность и эффективность предполагают понимание человека как деятельного и творящего существа. Потребность в эффективности и мобильности влечет за собой фундаментальную потребность информационного общества – минимизацию. Именно эта потребность явилась доминирующим фактором возникновения нанотехнологии.

Общество стоит на пороге новой цивилизации, культурные установки которой должны отличаться беспрецедентной конструктивностью (ориентацией на конструктивность и ответственностью за нее). Без преувеличения можно сказать, что нанотехнологии – это путь к созданию новой цивилизации с присущими ей новыми ценностями и идеалами.

Развитие нанотехнологии затрагивает ряд этических, социально и культурно значимых проблем, связанных с возможностью создания самовоспроизводящегося искусственного интеллекта, построенного на основе нановычислений (квантовые компьютеры, ДНК-компьютеры, наноэлектронные компьютеры), киборга, а также

с невозможностью различения между человеком и компьютером и пр. Все эти проблемы имеют непосредственное отношение к правам и привилегиям будущего искусственного интеллекта, киборга, человеко-машинным системам, что ставит фундаментальный вопрос об их значимости для человеческой цивилизации.

Актуальность философского осмысления социокультурных последствий развития нанотехнологии признают также и российские исследователи. Они исходят из того, что данная технология возникла на стыке области квантовых взаимодействий и сферы классических макровзаимодействий (это является ее особенностью), вызывая смену научных и технологических парадигм*. Нанотехнология позволяет осуществлять манипуляции с отдельными молекулами и атомами, моделировать «изобретения» живой природы. Новая технология обещает уникальные перспективы для творчества – от нынешних электронных вычислительных устройств до молекулярных машин-роботов.

Актуальность социокультурных последствий развития нанотехнологии вытекает из существующего всеобъемлющего кризиса человечества, формы проявления которого многообразны: негативные стороны новых высоких технологий, терроризм, сетевые войны, информационные войны, киберкультура и экспансия виртуальной реальности, экологические проблемы, энергетический кризис, вторжение в наследственную информацию человека.

Нанонаука позволяет связать молекулярную биологию с современными информационными технологиями, что должно привести к созданию принципиально новых технологий и производств в XXI в. Вполне естественно, что создание принципиально новых технологий и производств приведет к существенным социокультурным последствиям.

Одним из таких важных социокультурных последствий является проблема создания искусственной жизни, для появления которой дает реальную возможность именно нанотехнология.

Открытие нового нанометрового размерного уровня есть, по сути, определение нового качественно отличного по своим закономерностям физического уровня существования, на котором происходит стирание старой границы между пониманием жизни и нежизни.

В целом, техногенная цивилизация включает в себя индустриальное, постиндустриальное или информационное общества, однако рассмотрение нанотехнологии корректно в рамках потребностей и логики развития уже информационного общества.

Нанотехнология предлагает человеку практическое бессмертие, что в немалой степени изменяет смысл человеческой жизни. Феномен практического бессмертия обусловлен тем, что информационные технологии и нанотехнологии меняют также представления о времени и пространстве на уровне самосознания культуры. Практическое бессмертие есть разрыв биологического времени, уход от цикличности и отказ от смерти. Нанороботы, ремонтирующие ДНК, останавливают биологическое время в текущем физическом. Поэтому человек оказывается уже не виртуально, а реально присутствующим в этом разрыве между остановленным биологическим и текущим физическим временем. Это изменит образ жизни человека, поставив его в зависимость от технологических процедур ремонта и восстановления тела. Но такое бессмертие может быть использовано как инструмент власти. Отлучение от бессмертия и отказ в доступе к бессмертию станут новым инструментом манипулирования человеком. Страх потери бессмертия или отказа доступа к нему прочно укоренится в новой культуре, заменив собой страх смерти. Общим культурным последствием наномедицины станет «секуляризация вечности» в общественном сознании, связанная с радикальным увеличением продолжительности жизни и отделением биологического старения от социальной смерти.

---

* См.: *Карасев М.В.* Математические технологии на рубеже нанореволюции // Вестник Российской Академии наук. 2006. Т. 76. № 1. С. 44–47.

Нанориски в медицинском аспекте

Нантехнология — это классическая технология общего назначения (ТОН). Другие ТОН, такие как паровая машина, электричество и железные дороги, послужили базисом для главных экономических революций. ТОН обычно начинаются как весьма грубые технологии ограниченного применения, однако затем быстро распространяются в области новых приложений. Все предшествовавшие ТОН непосредственно привели к серьезнейшим переворотам в экономике — так называемые процессы созидательного разрушения.

Нанотехнология (НТ) может оказаться более масштабной, чем все остальные ТОН, ей предшествовавшие. Созидательное разрушение — это процесс, посредством которого новая технология или продукт обеспечивает совершенно новое или лучшее решение, приводя к полной замене исходной технологии или продуктов. Есть все основания полагать, что созидательное разрушение не только будет продолжаться, но и ускоряться в темпах, причем нанотехнология будет в сердцевине этих процессов. Мир на пороге того, чтобы начать перестройку с атомарного уровня. Понятно, что столь кардинальные перемены неизбежно сопряжены с серьезнейшими потрясениями и рисками.

В США создана добровольная организация: «Центр надежных нанотехнологий» («Center for Responsible Nanotechnology») — основной задачей которой является выработка надежных путей развития будущей наноэры и анализ рисков и опасностей, возможных при неправильном использовании достижений прогресса. Директор Центра М. Трейдер считает, что говорить о надежности и безопасности нанотехнологий будущего можно, только изучив возможные результаты их социального и экологического воздействия на человечество.

Центр фактически целиком сосредоточил усилия на выявлении и систематизации таких рисков с целью своевременного отыскания решений и снижения болезненности процесса перехода к новой небезопасной технологии. Правда, надо признать, аналитики центра наиболее отчетливо видят пока лишь одно — сколь серьезны угрозы при любом отклонении процесса от золотой середины.

Вот как выглядит, к примеру, даже далеко неполный список очевидных рисков нанотехнологии (некоторые риски расположены парами по принципу «с одной стороны — с другой стороны»):

экономический коллапс из-за изобилия дешевых НТ-товаров;

экономический гнет и обнищание масс из-за искусственно взвинченных НТ-монополистами цен;

риски для личности и общества из-за НТ в руках преступников и террористов;

риски для личности и общества из-за злоупотребления властей мерами, ограничивающими свободы;

социальные потрясения в традиционных обществах из-за доступности (прежде запрещенных) товаров и стилей жизни;

масштабное нанесение вреда окружающей среде из-за бесконтрольного массового производства новых товаров;

разгул черного рынка НТ (что способствует росту других рисков);

жестко конкурирующие нанотехнологические программы (опять-таки — рост других рисков);

попытки полного запрещения НТ (рост других рисков из-за потери контроля за процессом).

Пестрота списка наглядно демонстрирует, что любые попытки «радикально» решить хотя бы одну из обозначенных проблем тут же вызовут серьезное осложнение ситуации в смежных областях. Всем совершенно ясно, что как-то регулировать это дело надо обязательно, но вот как — большой вопрос.

В политических, деловых, финансовых и научных сферах в настоящее время уже предпринимаются конкретные шаги по заблаговременному поиску способов борьбы с потенциальными опасностями НТ. Едва ли не первыми встрепенулись, естествен-

но, страховые компании, сама суть бизнеса которых — работа с рисками. Одна из ведущих фирм вторичного страхования, швейцарская Swiss Re, опубликовала в мае 2004 г. аналитическое исследование «Нанотехнология: мелкие материи, множество неизвестных». Один из главных выводов отчета сводится к тому, что ни специалисты, ни общество в целом пока не имеют никаких твердых знаний для оценки последствий внедрения НТ, а потому страховым компаниям следует быть в высшей мере осторожными при работе с фирмами, ведущими исследования в данной области. Любопытно, что небезызвестный Билл Джой, много лет возглавлявший науку в Sun Microsystems, а последние годы активно выступающий за замораживание работ в области НТ, в качестве одного из главных инструментов строжайшего контроля за нанотехнологиями видит жесткую позицию страховых компаний, в принципе способных угрозами гигантских штрафов хоть как-то повысить ответственность исследователей. Но на правительственные разработки, тем более секретные, это, конечно, вряд ли повлияет.

Ныне всерьез относятся к рискам НТ и на высшем политическом уровне. Весной 2004 года Европейская Комиссия опубликовала отчет по результатам организованного ею международного семинара «Очерчивая нанориски», на котором обсуждались не гипотетические угрозы, а более чем реальные для здоровья и окружающей среды опасности от НТ-материалов, с которыми столкнется общество уже через три-пять лет. В отчете особо выделялась необходимость соблюдения особой осторожности при работе с наночастицами, а также указывалось на необходимость создания специального института, занимающегося общим мониторингом нанотехнологий.

Главные выводы семинара: важно делать различия между свободными и зафиксированными наночастицами, поскольку фиксированные на своих местах частицы представляют намного меньше угроз из-за своей неподвижности; что с частицами наноразмеров следует быть столь же осторожными в обращении, как и с любыми химикатами; и что уже назрела необходимость создания специального института, занимающегося общим мониторингом нанотехнологий.

Новые научные достижения не только способствуют развитию экономики, но и ставят человечество перед новыми проблемами: наступление эры нанотехнологий несет с собой огромное количество всевозможных рисков, оценить которые весьма сложно — как сложно пока оценить и представить себе масштабы развития и возможности применения нанотехнологий в целом.

Согласно исследованию, проведенному инвестиционной компанией «Lux Research», область нанотехнологий могут счесть рискованной, опасной и сомнительной для инвестиций, если при проведении исследований не будут учтены важные проблемы безопасности и здоровья людей.

Так, обнаружено, что взаимодействие наноматериалов с живыми клетками может быть непредсказуемым и опасным. Наноматериалы, как правило, легче вступают в химические превращения, чем более крупные объекты того же состава, поэтому они способны образовывать комплексные соединения с не известными ранее свойствами. Наночастицы, благодаря своим малым размерам, легко проникают в организм человека и животных через защитные барьеры (эпителий, слизистые и т. д.), респираторную систему и желудочно-кишечный тракт. Абсорбирующие свойства наноэлементов значительно выше, чем у других молекул. Следовательно, если они будут распространяться в окружающей среде, возникнет опасность, что наноматериалы начнут активно поглощать загрязнители и повсюду их распространять. Эти и другие обстоятельства увеличивают технологическую перспективность нанообъектов, но в то же время, заставляют с особым вниманием относиться к связанным с ними рискам — ведь при их неправильном использовании научный и технологический прогресс могут обернуться глобальной катастрофой.

Проникновение наночастиц в биосферу чревато многими последствиями, прогнозировать которые пока не представляется возможным из-за недостатка информации. Тем не менее, подобное положение дел уже стало причиной множества тревожных предупреждений со стороны специалистов.

Один из ведущих экспертов в области здоровья и окружающей среды профессор Э. Ситон (Эдинбургский университет, Великобритания), заявил, что микрочастицы не прошедших должную проверку продуктов могут вызвать у человека проблемы с органами дыхания, сердцем, иммунной системой и пр. По его словам, необходимых испытаний таких товаров никогда не проводилось (по статистическим данным, на рынке уже продается порядка 200 подобных продуктов).

Профессор Г. Обердерстер с группой ученых (Рочестерский университет, штат Нью-Йорк, США) выяснили, что наночастицы способны проникать в мозг непосредственно по чувствительным нервным волокнам. Крошечные частички углерода диаметром 35 нанометров могут попасть в мозг человека через дыхательные пути и оказать на организм пока еще не изученное, но вероятнее всего, разрушительное воздействие[84].

Специалисты Национального аэрокосмического агентства США (НАСА) опубликовали результаты эксперимента, показавшего, что нанотрубки при вдыхании в большом количестве приводят к воспалению легких. Выявлено, что нанотрубка, представляющая собой соединение сверхтонких игл, имеет структуру, схожую с асбестом, а этот материал при вдыхании вызывает повреждение легких.

Вдыхание наночастиц полистирола также вызывает воспаление легочной ткани и, к тому же, провоцирует тромбоз кровеносных сосудов. Есть сведения о том, что углеродные наночастицы могут вызывать расстройства сердечной деятельности и подавлять активность иммунной системы.

К тому же, многие наноструктуры производятся не одним, а несколькими способами. И это обстоятельство позволяет предположить, что внешне одни и те же нанопродукты (но изготовленные по различным технологиям) будут оказывать неодинаковое воздействие на человека и среду его обитания; увеличится перечень рисков, с которыми могут сталкиваться (или уже сталкиваются) работники нанотехнологической индустрии.

Специалисты стран, где разработка проектов по созданию наномедикаментов ведется полным ходом, пытаются оценить риск применения и совершенствования нанотехнологий, определить, какой ущерб здоровью могут нанести вещества, из которых будут изготавливаться нанопрепараты. Большое число влиятельных людей и организаций призывают к установлению моратория на производство и коммерческое применение материалов и изделий, изготовленных при помощи нанотехнологий, до тех пор, пока не будут достоверно выяснены все возможные последствия их применения, и до тех пор, пока мировым сообществом не будет создан и одобрен строгий свод правил для защиты человечества от потенциальных угроз.

В конце 2006 г. рабочей группой экспертов Совета по научной политике США был подготовлен вариант «Белой Книги», посвященной обсуждению опасностей применения нанотехнологий. Составители этого документа настоятельно рекомендуют ускорить проведение широкомасштабных исследований, ориентированных на выявление опасностей и рисков, связанных с наночастичным загрязнением среды обитания — ведь до настоящего времени сведения о последствиях неконтролируемых выбросов наночастиц в окружающую среду остаются довольно скудными. На слушаниях в Комитете по науке Палаты представителей Конгресса США представители экологических движений и промышленных корпораций заявили, что расходы на выяснение экологических и медицинских аспектов применения наноматериалов должны составлять от 10 до 20 % всех государственных затрат на нанотехнологии. Пока что ассигнования на анализ потенциальных угроз применения наноматериалов очень невелики.

Возможные социальные последствия развития нанотехнологии заключаются в коренном преобразовании практически всех отраслей науки и техники. Новые вещи и изменения в привычном укладе жизни могут привести к расшатыванию основ общества, появлению ряда этических проблем. Это относится, например, к медицинским препаратам и устройствам, позволяющим относительно легко модифицировать структуру мозга или осуществить стимуляцию определенных его отделов для получения эффектов, имитирующих любые формы психической активности. Общим же культурным последствием развития наномедицины станет радикальное увеличе-

ние продолжительности жизни и отделение биологического старения от социальной смерти.

Правительством Великобритании был сформирован Консультативный совет по этическим проблемам, связанным с применением нанотехнологий. Главным предметом изучения совета являются возможные злоупотребления при попытках создания биологического оружия.

Террористы и криминалитет, получившие доступ к нанотехнологиям, могут нанести обществу существенный урон. Химическое и биологическое оружие станет еще более опасным и скрыть его будет значительно проще. Например, смертельная доза токсина ботулизма составляет 100 нанограмм; 50 миллиардов единиц подобного оружия (этого количества достаточно для того, чтобы убить всех людей на Земле) может храниться в чемодане. Может также стать реальным создание новых типов оружия для убийства на расстоянии, которое будет очень трудно обнаружить или нейтрализовать.

В России в настоящее время также предпринимаются конкретные шаги по заблаговременному поиску способов борьбы с потенциальными опасностями нанотехнологий (НТ). 23 июля 2007 г. Глава Роспотребнадзора Геннадий Онищенко подписал постановление *«О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы»*. Из текста постановления следует, что о самих нанотехнологиях, а также о вреде от них пока мало что известно, но без санкции Роспотребнадзора увлекаться ими не следует.

31 октября 2007 г. было издано Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 79 *«Об утверждении Концепции токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов»*.

В Концепции подчеркивается, что в перспективе ожидается тесный контакт человека и других биологических объектов с наноматериалами, поэтому изучение вопросов потенциальных рисков их использования представляется первостепенной задачей.

Наночастицы и наноматериалы обладают комплексом физических, химических свойств и биологическим действием, которые часто радикально отличаются от свойств этого же вещества в форме сплошных фаз или макроскопических дисперсий. Эта специфика наноматериалов определяется известными законами квантовой физики. В наноразмерном состоянии можно выделить следующие физико-химические особенности поведения веществ:

увеличение химического потенциала веществ на межфазной границе высокой кривизны. Вследствие этого существенно изменяется растворимость, реакционная и каталитическая способность наночастиц и их компонентов;

большая удельная поверхность наноматериалов увеличивает их адсорбционную емкость, химическую реакционную способность и каталитические свойства. Это может приводить, в частности, к увеличению продукции свободных радикалов и активных форм кислорода и далее к повреждению биологических структур (липиды, белки, нуклеиновые кислоты, в частности, ДНК);

наночастицы, вследствие своих небольших размеров, могут связываться с нуклеиновыми кислотами (вызывая, в частности, образование аддуктов ДНК), белками, встраиваться в мембраны, проникать в клеточные органеллы и тем самым изменять функции биоструктур;

из-за своей высокоразвитой поверхности наночастицы обладают свойствами высокоэффективных адсорбентов, то есть способны поглощать на единицу своей массы во много раз больше адсорбируемых веществ, чем макроскопические дисперсии. Возможна, в частности, адсорбция на наночастицах различных контаминантов и облегчение их транспорта внутрь клетки, что резко увеличивает токсичность последних. Многие наноматериалы обладают гидрофобными свойствами или являются электрически заряженными, что усиливает как процессы адсорбции на них различных токсикантов, так и их способность проникать через барьеры организма;

возможно что из-за малого размера наночастицы могут не распознаваться защитными системами организма, не подвергаются биотрансформации и не выводятся из организма. Это ведет к накоплению наноматериалов в растительных, животных организмах, а также микроорганизмах, передаче по пищевой цепи, что тем самым увеличивает их поступление в организм человека.

Таким образом, наноматериалы могут обладать совершенно иными физико-химическими свойствами и биологическим (в том числе токсическим) действием, чем вещества в обычном физико-химическом состоянии, в связи с чем они относятся к новым видам материалов и продукции, характеристика потенциального риска которых для здоровья человека и состояния среды обитания во всех случаях является обязательной.

Существующая в настоящее время методология оценки риска основывается на полной токсикологической оценке конкретного вещества или соединения, определении зависимости «доза-эффект», данных содержания вещества в объектах окружающей среды и пищевых продуктах, расчете нагрузки на население, что позволяет рассчитать как неканцерогенные, так и канцерогенные риски. Для наноматериалов данная методология может быть неприменима (или применима ограниченно).

Несмотря на то, что наноматериалы в мире уже используются более 10 лет, ни один вид наноматериалов не был изучен в полном объеме на безопасность ни в одной из стран мира. Фактически во всем мире проводилось незначительное количество таких исследований, которые не позволяют точно оценить потенциальные риски использования наноматериалов. Кроме того, требуется разработка высокочувствительных и адекватных методов определения наноматериалов в объектах окружающей среды, пищевых продуктах и биосредах.

Считается, что существуют три основных пути поступления наноматериалов в организм человека: ингаляционный, через кожу и перорально (рис. 42). Возможно, есть и другие пути, как, например, через обонятельный нерв непосредственно в мозг.

В настоящее время нет надежных и убедительных данных по распределению наночастиц и наноматериалов по органам и тканям и отсутствуют достоверные данные

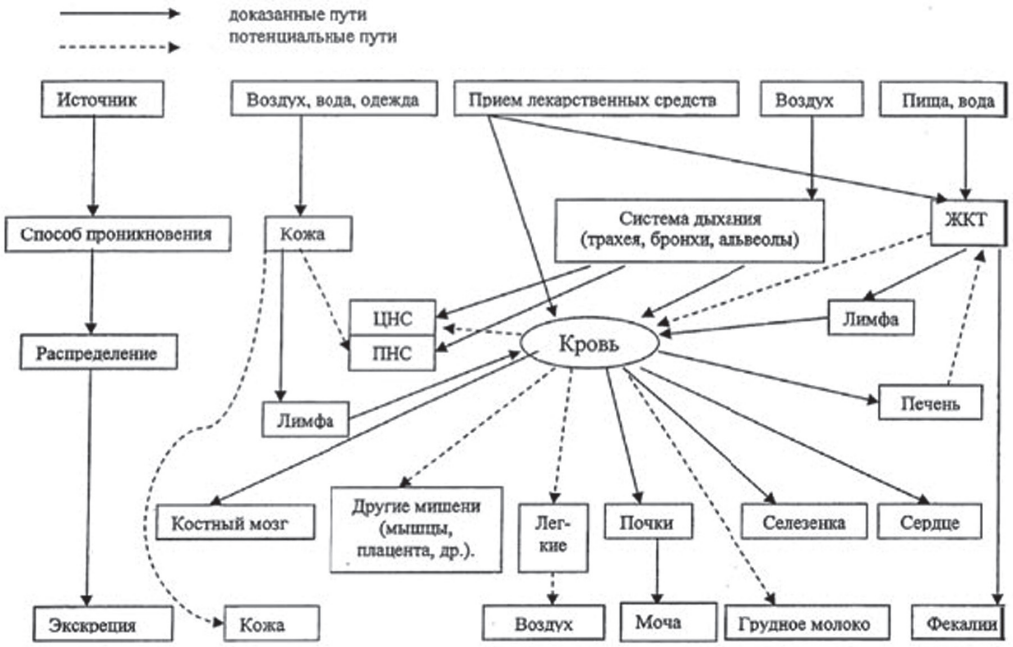


Рис. 42. Схема поступления, распределения и выведения наноматериалов в организме человека

по критическим органам. Наиболее изучен ингаляционный путь поступления наноматериалов. При этом установлено, что некоторые наноматериалы, поступающие с воздухом, в дальнейшем могут определяться в различных органах и тканях, в том числе мозге, что не исключает возможности их проникновения через гематоэнцефалический барьер. В отношении их распределения по органам и тканям при пероральном поступлении данные в настоящее время отсутствуют.

Имеющиеся в настоящее время в небольшом количестве исследования в этом направлении указывают на то, что наноматериалы могут быть токсичными, тогда как их эквивалент в обычной форме в этой же концентрации безопасен. Показано, что даже однократная ингаляция углеродных нанотрубок вызывает у экспериментальных животных воспалительный процесс в легочной ткани с последующим некрозом клеток и развитием фиброза, что, возможно, в дальнейшем способно привести к раку легких. Наноматериалы обладают нейротоксичностью, том числе, по-видимому, за счет прохождения через гематоэнцефалический барьер, вызывая окислительный стресс в клетках мозга; кардиотоксичность и гепатотоксичность наноматериалов также определяется развитием окислительного стресса и воспалительной реакции, что приводит к апоптозу и некрозу клеток; имеются отдельные сведения, что наночастицы могут усиливать ответы на аллергены.

В отношении влияния наноматериалов на генотоксичность, гормональный и иммунный статус, тератогенность, эмбриотоксичность, мутагенность, канцерогенность достоверные данные в литературе отсутствуют.

Наряду с возможными токсическими свойствами в литературе рассматриваются возможности применения наноматериалов в качестве, в частности, селективных переносчиков лекарств к органам и тканям.

Возрастает также число разработок т.н. «нанопищи», то есть использования некоторых нутриентов (главным образом жирорастворимых витаминов, макро— и микроэлементов, биологически активных веществ) в виде наночастиц или в комплексе с инертными наноматериалами — носителями с целью обогащения как продуктов массового потребления, так и специализированных продуктов питания для профилактики алиментарно зависимых состояний у населения.

Однако эффективность использования в питании человека продуктов, содержащих наночастицы пищевых веществ, в настоящее время практически не изучена. Это обусловливает необходимость оценки биодоступности и усвояемости компонентов пищевых продуктов, получаемых нанотехнологическим путем.

Таким образом, токсичность наноматериалов, согласно имеющимся литературным данным, обусловлена в первую очередь развитием окислительного стресса и повреждением ДНК, что может приводить к развитию воспалительной реакции, апоптозу и некрозу клети. Нельзя исключать, однако, и наличия других механизмов токсичности наноматериалов, связанных, в частности, с их повреждающим действием на клеточные мембраны и органеллы, усилением транспорта потенциально токсичных компонентов через барьеры организма, а также возможной генотоксичностью и аллергезтрующим действием.

Научный сотрудник исследовательского Центра имени Вудро Вильсона К. Дэвис — автор доклада «Управляя эффектом нанотехнологий» — отмечает, что нанотехнологии являются «новой реальностью», которая пока не поддается государственному регулированию. Крайне сложно использовать для этой цели действующие законы. Поэтому необходимо срочно создавать принципиально новое законодательство, новые механизмы и институты регулирования (в том числе и международные) — иначе последствия непредсказуемого и хаотичного развития нанотехнологий могут быть самыми неприятными. Государственным организациям необходимо приложить все усилия для контроля в области молекулярного производства.

Продукты нанотехнологии должны поступать в массовую продажу только после того, как потребитель будет целиком уверен в их безопасности. Поэтому правительство обязано провести тщательную экспертизу и официально гарантировать, что

использование нанотехнологии в производстве не угрожает здоровью людей и окружающей среде. В частности, в настоящее время влияние на организм человека лекарств, улучшенных с помощью нанотехнологий, тщательно проверяется Всемирной организацией здравоохранения. Клинические тесты и проверки новых препаратов становятся все более длительными.

Бесконтрольное использование молекулярного производства может повлечь за собой многие опасности, однако правильное его применение может принести (как и в случае с атомной энергией) очень большие выгоды и преимущества. Обоснованный научный подход в изучении «нано-рисков» и осуществление требуемых изысканий способны не только ускорить прогресс в отрасли, но и сделать жизнь людей комфортной и безопасной.

Глава 8.
Использование высоких технологий в военных целях

8.1. Использование биотехнологий

Наука развивается таким образом, что все новые технологии и биотехнологии в том числе, по сути своей имеют двойное назначение. Те же генно-инженерные методы, которые позволяют создавать лекарства, могут быть применены для создания оружия. Прежде всего, это касается разработки биологического оружия[4,10,26,69,72,86].

Как известно, Конвенция ООН о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении была принята еще в 1971 году. Тем не менее, имеются многочисленные свидетельства того, что это теневое направление использования биотехнологий развивалось и продолжает развиваться в странах с совершенно разными видами политических режимов. Известно, что помимо смертельно опасных генетически измененных вирусов разрабатывается биологическое оружие, которое может быть этнически нацеленным и выбивать даже отдельные группы среди популяций (например, в зависимости от пола, возраста, различных антропологических признаков, которые можно выявить путем анализа структуры ДНК, хранящей генетический код, по цвету кожи, разрезу глаз).

Опасные вирусы могут быть даже выращены ненарочно, как недавно продемонстрировали австралийские исследователи, которые создали модифицированный вирус мышиной оспы (mousepox) со стопроцентной смертельностью, когда пытались сконструировать вирус-контрацептив для мышей, чтобы использовать его для контроля над вредителями. Хотя этот конкретный вирус не заражает людей, предполагается, что аналогичные изменения увеличат смертельность вируса человеческой оспы. То, что подчеркивает будущую угрозу здесь — это то, что исследование было быстро опубликовано в открытой научной литературе».

Другой пример, из захоронений в вечной мерзлоте был извлечен вирус гриппа-

испанки, расшифрован и его описание было выложено в Интернете. Поле протестов ученых его описание убрали. Затем сам вирус по ошибке разослали в несколько тысяч лабораторий для тестирования оборудования.

Не существует простого способа отличить по внешним признакам гражданские безопасные исследования в области биотехнологий от экспериментов, направленных на создание смертельных для человека вирусов. Этим биотехнологии существенно отличаются от ядерных технологий, которые достаточно легко обнаружить.

Что же касается наличия у отдельных людей непреодолимого желания ставить под удар интересы всего человечества, тут достаточно вспомнить хотя бы о том, что для компьютеров уже написано более миллиона вирусов и вредоносных программ и масштабы творчества «биохакеров» могут быть не меньшими.

Наиболее страшным сценарием представляется возникновение и распространение «биохакеров», вооруженных своего рода «биопринтером» — настольной минилабораторией, подключенной к компьютеру и способной порождать живые клетки с заданными свойствами. Биопринтер должен содержать в себе определенного вида синтезатор ДНК, но наиболее опасным представляется такой его вариант, который можно создать кустарно. Чтобы это сделать, в нем можно было бы использовать некие живые элементы, способные к саморазмножению. То есть ключевой структурой биопринтера окажется, скажем, колония специально генетически модифицированных дрожжей, которые способны транслировать передаваемые компьютером электрические сигналы в последовательность генетического кода и затем выдавать этот код, упакованный в вирусную оболочку. Ничего принципиально сложного и невозможного в микроорганизме, который, в зависимости от приложенного к нему электрического поля присоединяет ту или иную букву к цепочке ДНК нет, хотя пока что такие существа не созданы.

Для создания нелегального биопринтера понадобится только обычный компьютер, доступ в Интернет и к соответствующим программам, полученный у друзей комок «синтез-дрожжей» и набор «юного химика» для организации интерфейса.

В декабре 2009 года американская компания Organovo и австралийская Invetech представили первый биологический 3D-принтер, открывающий новые перспективы в области имплантации и восстановления органов и тканей. Принтер оснащен двумя печатающими головками. Одна заправляется целевыми «красками» (человеческие клетки печени, почек, сосудов и так далее), вторая — вспомогательными материалами (поддерживающий гидрогель, коллаген, факторы роста). Особая гордость создателей устройства — лазерная калибровочная система и роботизированная система позиционирования головок, точность которой составляет считанные микрометры. Это очень важно для размещения клеток в правильном положении. поначалу принтер будет использоваться для научных экспериментов в области конструирования живых тканей и органов, а затем аппарат может появиться и в медицинских клиниках.

Безусловно, биопринтер будет привлекательной игрушкой, поскольку позволит создавать, например, растения, производящие любые наркотические вещества, или оружие индивидуального наведения — то есть вирус, анонимно убивающий определенного человека или позволяющий даже зомбировать его и подчинить себе. А следовательно, он будет распространяться по криминальным каналам.

Когда десятки тысяч людей будут иметь доступ к инструменту создания оружия массового поражения, вероятность того, что некоторые из них так и поступят, будет весьма значительной. Тем более если для синтеза, скажем, вируса оспы будет достаточно скачать из Интернета некий файл и запустить его исполнение. И хотя большинство людей в мире не занимается написанием компьютерных вирусов, тем не менее более миллиона вирусов было написано и многие из этих вирусов содержали зловредный код, приводящий к разрушению пользовательских данных.

Однако самое страшное в биологическом оружии состоит вовсе не в том, что будет создан некий вирус со стопроцентной летальностью, который поразит 100 процентов человеческого населения — эти требования слишком противоречивы, чтобы

Таблица 10

Нелегальная составляющая биотехнологической революции

Теневые (криминальные) направления	Субъекты					
	Военные и спецслужбы	Мафиозные структуры	Террористы	Ученые-маньяки	Фашистские и расистские группировки	
Разработка биологического, генетического («этнического» и т. п.) оружия	+	+	+	+	+	
Создание «сверхчеловека» (с повышенной агрессивностью, выносливостью, нечувствительностью к боли и т. д.)	+	+	+	+	+	
Разработка нейрофармакологических средств для контроля над поведением человека	+	+	+	+	+	
Создание клонов человека	+	+	+	+		
Создание человекоподобных монстров	+	+	+	+		
Торговля человеческими органами и тканями под видом продуктов генной инженерии		+				
Индустрия криминальных абортов (использование эмбрионов для экспериментов со стволовыми клетками)		+				
Использование генной инженерии для выведения устойчивых сортов наркосодержащих растений		+				

в реальности быть исполнимыми, — а в том, что одновременно в среде человеческого обитания появятся тысячи разных вирусов, бактерий, микоплазм и прочих патогенов. В этом случае даже лечение станет невозможным, так как невозможна будет диагностика, да и иммунная система не справится с тысячами разных прививок, сделанных одновременно. Кроме того, продукты «шуток» и неудачных биологических экспериментов юных хакеров будут выбрасываться в окружающую среду, поражая все другие виды живых существ, обитающих на Земле.

Нелегальная составляющая биотехнологической революции отражена в табл. 10.

В прошлом производство биологического оружия проходило под контролем военных и спецслужб соответствующих стран. Но есть ли гарантии того, что в настоящее время такие работы не направляются расистскими организациями, террористическими или мафиозными структурами, а то и просто учеными-маньяками? Тем более что, по оценкам экспертов, в современных условиях биологическое оружие может быть создано в лаборатории стоимостью (со всем оборудованием) всего лишь до 10 тыс. долларов США и на основе патогенов, которые разрешается применять в исследовательских целях, а также для получения диагностических систем, вакцин и других медицинских препаратов.

С большой долей вероятности можно предположить, что несмотря на любые возможные ограничения и запреты, и впредь будут проводиться работы по нелегальному клонированию человека и даже созданию человекоподобных монстров. Тем более что технологии для этого уже созданы.

Например, по сообщению The Washington Post, группа ученых из Второго Шанхайского медуниверситета (Китай) соединила в 2003-м клетки человеческой кожи с яйцеклетками кроликов и получила более ста гибридных эмбрионов. Биолог из Гарварда Дуглас Мелтон отметил, что такие «фантастические» эмбрионы могут кому-то напомнить персонаж древнегреческой мифологии: трехголовую химеру – чудовище в виде полульва-полукозы с хвостом дракона. Но это далеко не первый случай, когда ученые смешивают в лаборатории клетки человека и животных.

Так, британская биотехнологическая компания Imutran с начала 1990-х годов разводит свиней для трансплантации их органов человеку, фирма Pharmino (Нидерланды) производит в коровах человеческий лактоферин, необходимый для активизации нашей иммунной системы, а корпорации Genzyme Transgenics и Advanced Cell Technology сотрудничают в целях «сотворения» коров – носителей человеческих протеинов, в частности альбуминовой сыворотки, используемой в ожоговых центрах. Эксперименты уже дают значительные результаты. Сегодня свиная печень и почки применяются в аппаратах временного диализа, к которым могут быть подключены больные диабетом. И наоборот, при помощи человеческих генов существенно продлевается жизнь плодовых мушек.

Продолжаются и работы по использованию в медицине трансплантатов животного происхождения – и это несмотря на то, что в январе 1999 года Парламентская ассамблея Совета Европы рекомендовала странам – членам Европейского союза наложить мораторий на все клинические исследования в области ксенотрансплантологии (пересадка органов животных человеку).

Еще в период расшифровки генома человека и первых опытов по клонированию животных такие выдающиеся писатели, как Фрэнсис Фукуяма и Станислав Лем, писали, что биотехнологии могут привести к апокалиптическим последствиям, если человечество не будет контролировать их развитие. Во многих странах, в том числе и в России, были приняты законы о временном запрете на клонирование человека и другие сомнительные с позиций биоэтики научные эксперименты. В ООН, Совете Европы по этим проблемам работают специальные группы экспертов.

Но все предупреждения оказались тщетными: то, что называлось сомнительными экспериментами — все произошло в последние годы! И человечество как-то незаметно столкнулось с такими проблемами, последствия которых просчитать становится уже невозможно.

Приведем только некоторые факты 2007 года:

апрель: британским ученым впервые удалось воссоздать часть человеческого сердца на основе стволовой клетки. Воссоздать человеческое сердце целиком на основе стволовых клеток ученые смогут в течение ближайших 10 лет;

июль: ученые во главе с Такатоши Хикида из Университета Хопкинса в Балтиморе (США) создали первых в мире мышей-шизофреников. Мыши были созданы путем модификации ДНК по модели мутировавшего гена, впервые обнаруженного у шотландской семьи, среди членов которой очень частыми были случаи шизофрении, которая в целом встречается у одного человека из ста;

июль: в Институте Дж. Крэга Вентера в Роквилле (штат Мэриленд) впервые создали новую форму искусственной жизни. Это стало возможным благодаря знаменательному прорыву: удалось превратить одну бактерию в другую. Эксперимент вызвал столько же восторга, сколько тревоги. Американские ученые взяли полный набор генов—геном—бактериальной клетки и пересадили его бактерии близкородственного вида. Эта клетка в лаборатории начала расти и делиться, в конце концов превратившись в бактерию исходного вида. Ученые хотят создать новые разновидности бактерий, а на их основе — новые разновидности живых организмов, которые

можно будет использовать в качестве «зеленого» топлива взамен нефти и угля, для переработки токсичных отходов или абсорбции углекислого газа и других парниковых газов из атмосферы;

ноябрь: группе ученых под руководством Шухрата Миталипова, уроженца России, работающего в Орегонском национальном центре исследования приматов (Бивертон, США), впервые удалось создать жизнеспособные клонированные эмбрионы из тканей взрослого примата—в данном случае 10-летнего самца макаки-резус.

В январе 2008 года стало известно, что ученым из компании Stemagen (Калифорния, США) впервые удалось создать клонированные эмбрионы человека из клеток кожи взрослого мужчины, используя тот же подход, который позволил появиться на свет клонированной овце Долли...

Итак, рубикон перейден, человек фактически клонирован. Мышь, а значит, и человека можно генетически-искусственно смоделировать шизофреником. Генетически можно формировать физические свойства человека. Впереди неизбежное: евгенические опыты по генетическим манипуляциям со способностями человека.

В современном мире военные продолжают стоять во главе управления научно-техническим развитием в мире, а на ключевых направлениях развития современной науки и техники (мощные ЭВМ, микроэлектроника, информатика, связь, сверхчистые материалы, биотехнологии и т.д.) военно-технические разработки существенно предопределяют развитие научно-технического прогресса в гражданской сфере. Громадные суммы в мировой экономике идут на разработку новейшей военной и специальной (для спецслужб) техники.

Ведущими силами прогресса в истории развития человечества всегда были наука и нравственность. Открытия науки были двигателем развития общества, а этические представления — проводником, определяющим использование результатов этих открытий. Однако оружие, в т.ч. и ОМП, придумали те же самые ученые и в тех же самых лабораториях. Практически любые научные достижения могут быть расценены, как двойные технологии, как средства достижения добра или зла. Другими словами: человек, не обремененный высокими нравственными устоями, способен создать средства массового поражения и эффективно их использовать. Наиболее доступным из этого арсенала является биологическое оружие. Биологическое название вида, к которому мы принадлежим, Человек разумный, оправдывает, к сожалению, свое название лишь только гипотетически.

Человечество вошло в третье тысячелетие с громадными знаниями в области наук о жизни и колоссальным потенциалом их практического использования. Путем манипулирования молекулами ДНК и РНК современный человек может произвольно и направленно изменять наследственность окружающего его живого мира — бактерий, растений, животных и человека. Это открывает беспрецедентные возможности для технологического прогресса (биотехнология и биоинженерия) и революционных прорывов в медицине (генная терапия) и сельском хозяйстве (трансгенные, или генетически модифицированные, растения и животные). Вместе с тем — и в связи с этим — биологическая безопасность становится одной из главных проблем человечества в наступившем тысячелетии.

Опасности, исходящие из прогресса биологической науки, в первую очередь молекулярной биологии и ее практических применений, таких как генная и белковая инженерия, генная терапия, молекулярное управление развитием, разнообразны. Среди них сегодня наиболее опасными направлениями научной и практической деятельности человечества в этой области, являются:

• создание новых *рекомбинантных генов,* ранее отсутствовавших в природе, и прогрессирующее распространение *трансгенных,* или *генно-модифицированных организмов* (организмов с чужеродными генами), используемых в качестве сельскохозяйственных культур и пород, а также в микробиологической промышленности. Потенциальная опасность заключается в возможности неконтролируемого распространения новых видов и генов, нарушающих природное равновесие и живые систе-

мы. Еще более серьезную опасность представляет создание методологии для манипулирования человеческой наследственностью;

• развитие *генной терапии.* Прогресс в лечении симптомов наследственных дефектов без искоренения самих дефектных генов, как это предполагается всей стратегией генной терапии, будет неизбежно приводить к накоплению вредных генов в человеческой популяции и, следовательно, к деградации генофонда в будущем. Кроме того, человечество ожидает геронтологический кризис. Наконец, генная терапия создает высокотехнологичную методологию для разработки и применения биологического оружия нового поколения;

• прямая, преднамеренная разработка новых видов *биологического оружия,* в первую очередь вирусного, токсинного и генного. Нельзя не учитывать такие особенности этого оружия, как исключительная массовость поражения при скромности финансовых затрат и производственных мощностей для его создания, возможность скрытного производства и применения, возможность как отсроченного эффекта, так и чрезвычайно быстротечного действия. Особенно опасным может быть групповой и индивидуальный терроризм с применением биологического оружия. Проблема состоит в том, что все достижения и технологические разработки генной инженерии, генной терапии и других направлений биотехнологии и биоинженерии могут быть непосредственно и прямо использованы для создания биологического оружия нового поколения.

8.2. Генетическое оружие

К разработке и использованию генетического оружия (ГО) подводят также размышления ряда политиков, ученых. Поскольку мировое сообщество вступает в новую стадию обостряющихся экономических и экологических противоречий, а планета перенаселена, мир социально поляризован. В ближайшие десятилетия активно развивающиеся сверхдержавы должны столкнуться с исчерпанием имеющихся природных ресурсов. В связи с этим предстоят многочисленные тайные и открытые военные акции по переделу имеющихся природных ресурсов.

Природные катаклизмы становятся масштабными и гибельно необратимыми. Очевидно, что ожидаемые изменения природной среды на земном шаре не могут не сказаться на геополитической и военной ситуации. Здесь на первое место выходит фактор времени и объективная необходимость серии превентивных крупномасштабных военных или специальных операций с применением оружия массового уничтожения (ОМУ).

Новая стратегическая особенность — это необходимость вести «геноцидные войны», ориентированные на уничтожение не военных сил и ВВТ, а избыточного населения у потенциального противника[4,10,30,31].

Сегодня общепризнанно, что при естественном биологическом отборе общая генетическая реакция всей популяции (в том числе человека данной расы или нации) должна обеспечить основной принцип: только те организмы, которые, прежде чем погибнуть, успешно произвели потомство, вносят необходимый и достаточный вклад в будущее своего вида. Для истории же данной популяции судьба отдельного организма не имеет существенного значения.

Для политиков и военных этот принцип важен в том отношении, что главное — обеспечить развитие данной расы или народа, а не отдельного индивида или малой группы.

С учетом новых военных и специальных (тайных) задач военные и спецслужбы многих стран (в первую очередь, Министерство обороны и спецслужбы США) переходят на практике к реализации концепции «искусственного отбора человека».

Достигнутые за последние годы успехи в изучении структуры гена (ДНК), генетического кода, механизмов наследственности и программируемых генетических дефектов в общих чертах позволяют реализовать на практике концепцию «генетической бомбы».

Из общего потока мировых сообщений на эту «стратегическую тему» сегодня можно выделить последние публикации известного американского писателя и журналиста Тома Хартмана. По его мнению, первые возможные объекты «генетической бомбардировки» — это арабы и китайцы.

Хартман в своей статье «Генетически модифицированная бомба» (сентябрь 2003 г.) упоминает о докладе проекта «Новый американский век» под названием «Перестройка обороны Америки: стратегия, силы и ресурсы нового столетия» (сентябрь 2000 г.). Доклад ориентирует на глубокие преобразования в вооруженных силах Соединенных Штатов, чтобы воспользоваться преимуществом «революции в военных делах» на основе новейшей науки и побеждать в будущих нетрадиционных войнах. Так, с одними врагами можно бороться в киберпространстве, с другими — под водой или в космосе, с некоторыми — даже в пределах собственных тел, а с четвертыми — умелой дипломатической работой и экономическими методами неоколониализма.

Согласно этому докладу, подводящему итоги специальной трехлетней работы, генетическое оружие может кардинально изменить положение США во всем мире: «Передовые формы биологической войны, которая может быть «целевой», то есть направленной на определенный человеческий генотип, превратит царство террора в политически полезный инструмент». Следует подчеркнуть, что развитие современной науки уже перешло важную критическую черту в обеспечении безопасности мирового сообщества. Отныне малая компактная научная группа (например, генетиков, биотехнологов и др.) может создать особо опасный «научный продукт», способный уничтожить если не все население земного шара, то его значительную часть.

Проблему предупреждения биотерроризма следует рассматривать не только относительно непосредственно самой угрозы применения биологического оружия. Последние документы ООН требуют более широкого анализа и контекста действий мирового сообщества. Речь идет о разработке системы мер международно-правового и, в том числе, международного полицейского контроля за возможными негативными (криминальными) последствиями биотехнологической революции.

В принятой 9 сентября 2006 г. консенсусом на Генеральной Ассамблее ООН Глобальной контртеррористической стратегии ООН системе Организации Объединенных Наций предложено создать совместно с государствами-членами единую всеобъемлющую базу данных о биологических инцидентах, приняв меры к тому, чтобы она дополняла базу данных о биологических преступлениях, которую намерена создать Международная организация уголовной полиции.

Одновременно Генеральному секретарю ООН рекомендовано обновить список экспертов и лабораторий, имеющийся в его распоряжении, а также технические руководящие принципы и процедуры для своевременного и эффективного расследования случаев предполагаемого использования таких средств.

Отмечено также важное значение предложения Генерального секретаря ООН об объединении при содействии Организации Объединенных Наций усилий основных заинтересованных сторон в сфере биотехнологии, включая промышленные и научные круги, гражданское общество и правительства, в рамках единой программы, направленной на обеспечение использования достижений в области биотехнологии только для общего блага, а не в террористических или иных преступных целях, при должном соблюдении основополагающих международных норм защиты прав интеллектуальной собственности.

Наука развивается таким образом, что все новые технологии и биотехнологии в том числе, по сути своей, «двойного назначения». Те же генноинженерные методы, которые позволяют создавать лекарства, могут быть применены для создания оружия. Прежде всего, это касается разработки биологического оружия.

Расовые различия людей, населяющих планету, становятся важнейшим военным и оборонным фактором. Просматривается крайне пессимистический сценарий разворачивающейся тайной мировой биологической войны. Если ранее незначительные генетические различия людей белой, желтой и черной расы не выступали в качестве основы для создания расового и этнического биологического оружия, то с расшифровкой генома человека и уточнением биологических механизмов наследственности, патологии и иммунитета это стало возможным.

Известно, что помимо смертельно опасных генетически измененных вирусов, разрабатывается биологическое оружие, которое может быть этнически нацеленным и выбивать даже отдельные группы среди популяций (например, в зависимости от пола, возраста, различных антропологических признаков, которые можно выявить путем анализа структуры ДНК, хранящей генетический код, по цвету кожи, разрезу глаз).

По сообщениям СМИ, в начале 2004 г. на семинаре, проводимом ЦРУ США в рамках «Проекта Нового американского века» (PNAC), американские ученые утверждали, что к 2014 г. такое оружие уже будет создано. Американский биолог Блэк Дж. Л. (Black J. L.) приводит в своем исследовании 2003 г. несколько общих категорий генов, которые могут использоваться в геномном оружии:

гены, существенные для жизни клеток;

мутации, ответственные за наследственные болезни;

токсические гены экзогенных видов;

ген, кодирующий выработку фермента, обеспечивающего превращение предшественника токсина;

векторы, поражающие отдельные человеческие популяции (например, конкретные этнические группы).

Академик РАН А.Ф.Спирин пишет, что существует несколько классов генов, которые становятся смертоносными, после того как встраиваются в клетку хозяина. Подобные гены запускают в клетках синтез веществ белковой природы, разрушающих защитную и регуляторную системы, или просто крайне токсичных. Инфицированный организм сам синтезирует яд, который его и убивает.

Для генетического оружии, по мнению академика А.Ф.Спирина, характерны длительный латентный период и общность симптомов при огромном разнообразии возможных причин патологии. Все это крайне затрудняет диагностику, лечение и профилактику. При использовании генетических конструкций, идентичных фрагментам человеческого генома, которые в определенных условиях вызывают заболевания, доказать внешнее воздействие вообще невозможно.

В настоящее время возможно создание однонаправленного биологического оружия, безопасного для агрессора, например на основе «медленных» и «спящих» вирусов с большими латентными периодами.

На смену «Геному» приходит новая программа «Протеом» по расшифровке и изучению назначения и взаимодействия белков, не менее сложная, чем «Геном» и открывающая путь к абсолютному оружию, позволяющему за любой выбранный срок – от нескольких часов до десятков лет, планомерно уничтожить любые человеческие популяции, заданные по ключевым генетическим признакам, не опасаясь при этом возможного ответного удара.

Молекулы белков управляют всеми обменными процессами, протекающими в организме — пищеварением, выработкой гормонов или электрическим возбуждением нервных клеток и пр. Любые молекулярно-биологические процессы, происходящие в организме, отражаются в протеоме. Термин был предложен в 1994 году австралийским исследователем Марком Уилкинсом.

Одной из главных причин стремительного развития протеомных исследований является то обстоятельство, что геномика не вполне оправдала надежды ученых. Исходя из аксиомы, что гены кодируют все белки, ожидалось, что картирование протеома позволит получить достаточно полную информацию о составе белков организма.

Оказалось, однако, что решить задачу инвентаризации белков методами геномики невозможно. Действительно, число генов, кодирующих белки, составляет у человека около 35 тысяч, а количество белков на один – два порядка (по разным оценкам) превосходит количество генов и может достигать нескольких миллионов. Такой полиморфизм белков объясняется тем, что один и тот же ген способен кодировать до двух десятков различных форм белков. Кроме того, свойства синтезированных в клетке белков изменяются в результате разнообразных посттрансляционных химических модификаций белковых молекул (например, фосфорилирование, гликозилирование) и межбелковых взаимодействий.

Само по себе знание последовательности генов не дает представления о том, как функционирует организм. Более того, знание генома не позволяет нам ничего сказать о том, чем живет любая клетка человеческого организма.

Сами по себе гены – лишь инструкция по сборке белковых молекул. Тех молекул, из которых, как из кирпичиков, сложены любые наши клетки. Ведь мы даже не знаем, как клетки человека используют те или иные белки, когда они их используют и что может произойти, если нужный белок отсутствует.

Протеом – величина не постоянная. Этот геном был «книгой, содержавшей около трех миллиардов букв». И все буквы стояли на своих – отведенных им природой – местах. Здесь же – в протеоме – все непрестанно меняется. Если и сравнивать протеом с книгой, то с книгой, которая пишется у вас на глазах.

По инструкциям, хранящимся в 40 тысячах наших генов, синтезируется от полумиллиона до миллиона белковых молекул. Многообразие белков явно недооценивалось. Их в десятки раз больше, чем генов. Это – первая неожиданность, с которой столкнулись исследователи протеома. Биологические основы этого многообразия различны. Долгое время считалось, что схема изготовления белков проста: один ген – один вид молекул РНК; один вид молекул РНК – один сорт белков. Догадка оказалась ошибочной. Более половины генов человека «отвечают за выпуск» сразу нескольких молекул РНК. Следовательно, в них заложена инструкция по изготовлению нескольких белков. Сюрприз номер два.

Структурный анализ белков нельзя автоматизировать, как автоматизировали исследование генома. Молекулы ДНК относительно неизменны и одинаковы – любую из них можно исследовать по одной и той же схеме. Очевидно, что-то изменится с внедрением метода ядерно-магнитной резонансной спектроскопии, позволяющего исследовать трехмерную структуру белковых молекул. Разработал его швейцарский биофизик Курт Вютрих, удостоенный в 2002 году Нобелевской премии по химии. По отзывам специалистов, данный метод позволит в обозримом будущем составить атлас всех человеческих белков. С его помощью удается фиксировать изменения атомных ядер под действием электромагнитного излучения.

Протеомные исследования осложняет также нестабильность протеома. Если геномная карта одинакова для всех клеток человека, то каждая клетка, ткань, биологическая жидкость имеет собственную протеомную карту, которая изменяется в соответствии с состоянием клетки и организма. Набор белков в клетке постоянно изменяется в зависимости от фазы клеточного цикла, тканевой специализации клетки, стадии ее дифференцировки, воздействия на клетку физиологически активных веществ, состояния организма и др.

Наглядным примером, иллюстрирующим различие в стабильности генома и протеома, могут служить процессы превращения «гусеница – куколка – взрослая бабочка». Непохожие друг на друга, они представляют собой, однако, различные стадии развития одного и того же организма и, следовательно, содержат в каждой своей клетке идентичный геном. Протеом – набор белков в клетках этих объектов разительно различается. Существенно различается и набор белков в организме человека на стадиях развития «младенец – взрослый человек – человек старческого возраста».

Невозможность получения полной информации о составе белков организма с

помощью геномики и настоятельная потребность в получении сведений о качественном и количественном составе протеома и явилось основной предпосылкой развития постгеномных исследований и появления новой науки – протеомики. По мнению специалистов, именно протеомика доведет до конца дело, начатое расшифровкой генома человека.

Конечная цель протеомики – установление и характеристика полного набора белков данного организма.

Основные задачи протеомики:

идентификация белков клеток, тканей, биологических жидкостей организма;

определение структуры белков;

установление функциональных свойств белков;

исследование взаимосвязи структуры и функции белков;

выяснение механизмов регуляции активности белков;

изучение межбелковых взаимодействий;

выяснение специфики изменений протеома при заболеваниях;

выявление белков-мишеней, на которые направлено действие лекарственного средства.

Исследования в области протеомики в настоящее время имеют выраженную медицинскую направленность. Одной из важнейших задач протеомики является выявление специфичных для каждого конкретного заболевания изменений в протеоме. Получение таких научных результатов облегчит диагностику патологии, позволит выявлять заболевания на ранних, предшествующих клиническим проявлениям стадиях, даст возможность выбрать эффективную стратегию лечения патологии. С помощью протеомики можно установить диспропорцию белков в патологически измененных тканях. Например, протеомный сравнительный анализ позволит выяснить, какие именно отклонения в белковом составе клеток являются характерными для конкретной злокачественной опухоли. А на основе этих данных можно получить антитела, способные эффективно подавлять рост раковых клеток. Исследования в области протеомики дают возможность не только точно диагностировать, но и предотвращать развитие многих заболеваний, с которыми медицина боролась веками. Зная изменения в составе белков клеток при патологии, можно создать для больного индивидуальное лекарство, избирательно нормализующее функционирование протеома. Белок – это мишень, на которую направлено действие любого лекарства. Сегодня 95% всех фармакологических средств адресовано к белкам. Протеомика позволит выявлять целевые протеины (мишени) и тем самым способствовать созданию новых высокоэффективных медикаментозных и диагностических средств нового поколения. Обладая знаниями в области протеомики, можно будет быстро создавать препараты нового поколения с точной, адресной доставкой. Ожидается, что созданные методами протеомики препараты будут лишены побочного действия.

Как считает академик РАН А.Ф.Спирин, тем, кто захочет изготовить биологическое оружие, будь это экстремистски настроенное правительство, оппозиционная партия или просто группа граждан, не понадобится строить институт с полигоном. Одна хорошо оснащенная лаборатория, в которой будет работать десяток человек, вполне в состоянии сделать генетическое оружие.

Тем более, что по оценкам экспертов, лаборатория по производству биологического оружия в современных условиях, вместе со всем оборудованием, может стоить в пределах от нескольких десятков до несколько сотен тыс. долларов США, а в качестве биологического оружия могут быть использованы и те патогены, которые конвенционально не запрещены для применения в исследовательских целях получения диагностических систем, вакцин и других медицинских препаратов.

Главный государственный санитарный врач России Геннадий Онищенко обоснованно полагает, что наиболее значимыми угрозами биотерроризма являются резкое увеличение числа специалистов по биотехнологиям, доступность информации по рецептурам биологических и бактериологических препаратов, а также «возмож-

ность легендирования отдельных актов биотерроризма под проявления естественных эпидемий и инфекций».

В конце 2005 г. генетик Роджер Брент из Калифорнийского института молекулярных наук провел эксперимент, доказывающий, что сегодня технологии в генной инженерии достигли уже такого уровня, когда один толковый лаборант с небольшим объемом «правильных» ресурсов может изготовить биологическое оружие с гибельной мощью, не уступающей атомной бомбе.

Брент утверждает, что искусственно сконструированную оспу или сибирскую язву или, может, даже эболу, сейчас можно создать в простой лаборатории, используя свободно продающиеся исходные компоненты и таким образом, не вызывая подозрений.

Например, через Интернет на сетевом аукционе можно приобрести любые модели ДНК – синтезаторов (DNA synthesirer): от 5 до 43 тыс. долл. США. Чтобы собрать геном оспы, нужно через Интернет закупить сырья на 200 тыс. долл. США. Генетическую последовательность можно также легко найти на публичных ресурсах Интернета. Кроме того, сейчас существует немало биотехнологических фирм, которые синтезируют генетические последовательности по заказу и высылают клиенту почтой.

Американский ученый Роб Карлсон, физик и биолог, работавший некоторое время с Брентом, прогнозирует, что примерно в течение десятилетия создание биологического оружия с нуля станет столь же легким и дешевым как построение сайта.

В июне 2006 г. сотрудники британской The Guardian выяснили, что создать биологическое оружие сегодня может буквально любой заинтересованный в этом житель Соединенного Королевства. Внимание журналистов привлек сайт компании VH Bio Ltd, занимающейся поставкой оборудования и расходных материалов для биологических лабораторий. В одном из каталогов биосырья были найдены весьма странные «товары» – на продажу выставили фрагменты ДНК смертельно опасных для человека вирусов оспы и испанского гриппа. Для оформления заказа на ДНК оспы понадобилось лишь назвать адрес, номер мобильного телефона и адрес электронной почты – уже через три часа в редакцию The Guardian позвонил курьер и сообщил, что заказ доставлен. Никаких проверок того, кому отправляется потенциально опасный груз, проведено не было – получателем мог бы оказаться как законопослушный ученый, так и возможный террорист.

В этих условиях контроль за биотехнологическим рынком в Сети должен стать важной новой задачей полицейских подразделений, контролирующих теневые криминальные рынки в Интернете.

Уже в 2004 г. в США федеральные ассигнования на НИОКР составили рекордную сумму в 89 млрд. долл. Из этой суммы около 48,8 млрд. долл. предназначалось для финансирования НИОКР в интересах Минобороны, НАСА и Министерства национальной безопасности США. На финансирование гражданских исследований в 2004 г. было выделено 40,2 млрд долл., из них на биологические и медицинские науки 25,7 млрд долл. Для сравнения: на машиностроение – 8,2; физические науки – 4,7; охрану окружающей среды – 3,5; математику и компьютерные исследования 0 2,6; другие точные и естественные науки – 1,4,; социальные науки – 1,4 и психологию – 0,86 млрд долл.

Осенью 2005 г. с нарастанием угрозы от «птичьего гриппа» Конгресс США добавил к бюджету Минобороны США 3,9 млрд. долл., из них 3 млрд. долл. – на создание запасов вакцин и других антивирусных препаратов.

В статье академика РАН А.С. Спирина «Фундаментальная наука и проблемы биологической безопасности» (Вестник Российской Академии наук, т. 74, 2004, № 11, с. 963-972) указывается: «Расшифровка человеческого генома и самые последние успехи молекулярной и клеточной биологии привели к возможности создания биологического оружия третьего, «постгеномного», поколения XXI в. – генного и другого молекулярного оружия (в международной литературе обозначается как Advanced Biological Warfare — сокращенно ABW). В арсенал этого оружия входят:

гены, то есть молекулы ДНК, проникающие в организм и кодирующие вредные белки, такие, как белковые токсины, белки-репрессоры, подавляющие важнейшие функции человека, регуляторы функций, активаторы малигнизации, ингибиторы иммунитета;

малые регулятивные РНК (siRNA и miRNA), проникающие в организм и избирательно выключающие синтез функционально важных белков в организме;

прионы – инфекционные белки, нарушающие процесс образования пространственной структуры функционально важных белков».

Планируемые эффекты от воздействия молекулярного оружия – смерть, инвалидность, нервные и психические расстройства, дебилизация («манкуртизация»), стерилизация.

Ряд обеспокоенных военных биологов выдвигает предложение о срочном создании нового специализированного контрольного Международного агентства по контролю за биотехнологиями (по типу МАГАТЭ).

Создание принципиально нового вида биологического этнического и расового оружия массового поражения (на основе «генетической бомбы» и др.) открывает не только новую геополитическую и военную эпоху, включая проведение тайных крупномасштабных спецопераций (особенно при участии национальных спецслужб мировых держав), но и вносит существенные концептуальные изменения в общественную философию и политику дальнейшего развития современного общества. Все более условием выживания «сильных» государств в новом мире является физическое уничтожение «слабых» стран.

Биотехнологическая революция, начавшаяся тридцать лет назад, подтолкнула развитие биооружейной сферы.

Открылась реальная перспектива создания новых биоагентов: микроорганизмов, генетически сориентированных на «производство» токсинов, ядов или биорегуляторов; микроорганизмов, устойчивых к воздействию антибиотиков, стандартных вакцин и других лекарств; микроорганизмов с высокими показателями устойчивости в аэрозольном состоянии и в обычной среде; иммунологически модифицированных микроорганизмов, способных «обойти» методы идентификации, обнаружения и диагностики; оснащения ими продвинутых систем доставки.

Наибольшее внимание из существующих новых микроорганизмов привлекают: ханта-вирусы; другие геморрагические, вызывающие жар агенты, такие как Эбола; агрессивные стрептококковые бактерии группы А («поедающие плоть»).

К традиционным биоагентам относятся: сибирская язва, биорегуляторы, ботулиновые токсины, бруцеллез, холера, вирусы энцефаломиелита, тиф, туляремия, оспа, чума, стафилококковые энтеротоксины В, микотоксины, нейротоксины и ряд других.

Попадание этих средств в руки террористов чревато большой опасностью, т.к. биоагенты легко транспортируемы и даже в малых концентрациях представляют смертельную угрозу особенно не ожидающим нападения большим скоплениям людей (например, в городах, в местах дислокации крупных воинских формирований).

1 грамм спор сибирской язвы (anthrax) содержит 10 млн. смертельных доз. Без антибиотиков, использованных до появления первых симптомов (1–8 дней, обычно 2–3 дня), смертность может достигать 85–90 %.

Не меньшую опасность представляет разработка нейрофармокологических средств для контроля за поведением. О том, что и эти работы проводились, написано достаточно много книг на весомом фактическом материале. По существу, речь здесь идет о разработанных видах психотропного оружия на основе биотехнологий.

Никогда из тени не будут выводиться и евгенические работы по наделению человека сверхсвойствами (гиперагрессией, гипервыносливостью, гиперреакцией, нечувствительностью к боли, жаре, холоду, видением в темноте и т.д.). В первую очередь, в результатах такой научной деятельности заинтересованы военные и спецслужбы. Но и другие субъекты не обойдут это стороной. Например, мафиозные структуры

«обслуживающие» спорт (а вернее «делающие деньги» на спорте), уже в настоящее время активно сотрудничают с теневыми учеными в разработке новых средств, повышающих выносливость спортсменов. При этом главная задача здесь — разработка препаратов, которые нельзя обнаружить с помощью тестирования.

В марте 2006 г. в США проходила первая международная встреча экспертов, посвященная вопросам генетического допинга. На ней отмечалось, что Олимпиады XXI века во многом будут состязаниями фармакологии и генетиков. На сегодняшний день известны три гена, которые, по всей видимости, будут использоваться спортсменами и которые невозможно будет определить существующими методами, причем все они могут вводиться непосредственно в мышечную ткань, как обычная вакцина: модифицированный вирус, который менее уязвим к бунту иммунной системы (adeno-associated viruses – AAVs); второй – ген роста клеток внутренней поверхности сосудов (vascular endothelial growth factor – VEGF); третий ген способствует наращиванию мышц, и он заменит запрещенные сейчас стероиды (insulin-like growth factor 1 – IGF-1).

Дон Кэтлин, биохимик, работающий на МОК в Калифорнийском университете считает, что определить наличие этих генов в организме спортсменов будет практически невозможно.

Целый ряд особенностей биологического оружия нового поколения — молекулярного биологического оружия — имеет уникальный и беспрецедентный характер:

- низкая стоимость разработок, возможность создания силами одной небольшой лаборатории с двумя-тремя высококвалифицированными специалистами-биотехнологами;
- громадный эффект воздействия: один грамм вещества может содержать от одного до ста квинтиллионов (10^{18}-10^{20}) активных молекул патогена, и если это молекулы амплифицирующихся РНК или ДНК, каждая молекула, попавшая в организм, будет размножаться и заражать окружающие особи (в последнем заключается принципиальное отличие от химического оружия);
- обход иммунологических барьеров организма и специфических вакцинаций;
- необычная клиническая картина, трудность диагностики;
- бессилие традиционных лекарств и методов лечения;
- отсутствие материальных разрушений;
- возможность скрытных разработок;
- возможность скрытного применения;
- возможность отсроченного эффекта;
- возможность избирательного воздействия на определенную популяцию (путем использования генетических, климатических и культурных особенностей рас, наций, народностей).

Перечисленные особенности создают исключительно серьезные трудности в решении проблем, связанных с противодействием биологическому терроризму.

Чрезвычайная легкость распространения технологии производства биологического оружия нового поколения вызывает все большую тревогу специалистов и общества. Прежде всего, эта легкость обеспечивается доступностью научной, методической и технической информации в открытых публикациях, базах данных, на международных симпозиумах. Легкому распространению способствуют потоки иностранных студентов и стажеров через исследовательские лаборатории, снижение технических и квалификационных барьеров ввиду все большего использования детальных (рассчитанных «на дурака») описаний и протоколов генноинженерных и биотехнологических процедур, продажных стандартных наборов реагентов и т.п. Наконец, нельзя забывать о возможностях «дигитального распространения» агентов биологического оружия (например, химический синтез любого патогенного гена или вируса по его нуклеотидной последовательности, имеющейся в компьютерной базе данных).

Частичное решение проблем профилактики и лечения может состоять в разработке новых подходов к иммунизации и, в частности, нахождении путей «множественной» иммунизации. Поиск альтернативных путей повышения устойчивости человека к инфекционным агентам, например модуляция цитокиновой сети, может стать новым стратегическим направлением в противодействии молекулярным инфекциям. Создание методов генной терапии с помощью РНК-интерференции и микроРНК также требует самого пристального внимания.

Следовательно, меры противостояния — биологическая безопасность — требуют, во-первых, знания молекулярных механизмов действия потенциально опасных агентов и, во-вторых, способности быстрого использования этих знаний для практического реагирования в конкретной ситуации, то есть высокоразвитой фундаментальной науки.

Таким образом, поддержание высокого уровня фундаментальной науки — абсолютно необходимое условие противостояния распространению биологических опасностей в современном мире.

Как известно, современная военно-инженерная мысль стремится к разработке, производству и использованию «высокоточного оружия», в том числе и большой поражающей мощности для достижения заданных целей.

Оружие, основанное на механических принципах (стрелковое оружие, самолеты, танки, боевые корабли, подводные лодки и др.) совершенно не пригодно для ведения крупномасштабных геноцидных войн.

Химическое оружие – пока не избирательно, трудно управляемо и наименее эффективно (однако в этой сфере также возможно использование расово биологических различий).

Мировая история нескольких последних десятилетий показала непригодность атомного оружия для проведения широких военных акций. Главный недостаток этого разрушительного оружия (даже малой мощности) – тотальность разрушений и длительность загрязнения среды обитания человека опасными радиоактивными веществами. Возможная «ядерная зима» не пощадит самого победителя.

Суть скорых кардинальных нововведений в военном деле заключается в следующем: уже сделанные открытия в биологии и генетике, опирающиеся на новую технологическую базу (включая приборы и материалы для научных исследований), позволяют целенаправленно и эффективно истреблять живую силу потенциального противника в зависимости от цвета кожи и ряда других характерных признаков человеческих рас и крупных этносов.

Выявленные в рамках работ по изучению генома человека небольшие биологические отличия между расами сегодня оказываются уже достаточными для выбора тайного военного биотеррористического удара. Здесь какие-либо международные договоренности по возможному сдерживанию военной опасности не реализуемы потому, что не могут затрагивать сферу научного поиска, но именно в этой области первая экспериментальная партия нового биологического оружия может стать достаточной для сокрушительного поражения геополитического и экономического противника.

Международные и национальные документы, безусловно, важны и интересны для юристов, биологов и экологов. Однако решения военных, спецслужб и террористов по разработке использованию новейшего оружия принимаются, исходя из других критериев (силы поражающего воздействия, селективности применения, ряда классических тактико-технических требований и характеристик, политической ситуации в мире и др.).

По мере расшифровки генома человека и отработки технологий молекулярной биологии и медицины совсем новое военно-политическое значение приобретают конкретные расовые (этнические) различия. Это позволяет прогнозировать создание принципиально нового эффективного вида биологического оружия, основанного на открытых существенных биологических различиях рас и даже отдельных народов.

Биологи и медики за несколько столетий наблюдений и экспериментов накопили огромное количество фактов о различиях между расами и народами. В частности, выявлены существенные для разработки биологического оружия различия: анатомии и антропологии человека (строение и величина черепа; цвет кожи; разрез глаз и др.); теплообмена тела, дыхания и пульса; устройства органов пищеварения; расового старения; расовых особенностей мускулатуры; эмбриологии; расовых уродств; расовых паразитов и др.

Тайное появление опасных военных биотехнологий и генно-инженерного поколения биологического оружия кардинально меняет общую мировую геополитическую и военную ситуацию, которая, по мнению информированных экспертов, напоминает начало «атомной эры» в 40–50-е годы.

Подчас смертоносные вирусы получаются «случайно» – в ходе совершенно мирных исследований.

В том же году исследователи из Университета Беркли (Калифорния), пытаясь путем генетических модификаций ослабить бактерии туберкулеза, получили прямо противоположный результат – супертуберкулез. Бактерия с измененной генетической структурой за семь месяцев уничтожила всех зараженных мышей, в то время как грызуны, инфицированные обычной формой туберкулеза, выжили.

Осенью 2004 года доктор Каваока из Университета Висконсина выяснил, что достаточно изменить всего два гена у вируса гриппа, чтобы он стал необычайно агрессивным. Зараженные генетически модифицированным вирусом мыши умерли в течение двух дней от острой пневмонии, сопровождавшейся массивными кровоизлияниями в ткани легкого. Клиническая картина полностью соответствовала «испанке» 1918 года, отправившей на тот свет свыше 20 миллионов человек.

Ученые уверены, что в ближайшие пять лет генетически модифицированные микроорганизмы окажутся в руках террористов. Другой вопрос – рискнут ли они ими воспользоваться, ведь биологическое оружие бьет по всем сторонам конфликта. Однако даже если террористы окажутся абсолютно безбашенными и решат вместе с потенциальными жертвами отправиться на небеса, фатальных последствий удастся избежать.

Гораздо страшнее манипуляции с человеческим геномом. Существует большое количество генов-агрессоров, пригодных для создания биологического оружия. Наибольший интерес вызывают гены BAX и BCL-2, отвечающие за апоптоз (запрограммированную смерть клеток). С их помощью ученые надеются победить рак, но эта же методика позволяет уничтожать и здоровые клетки организма. Гены CFTR и a1AT ответственны за возникновение муковисцидоза и наследственной эмфиземы легких, что позволяет спровоцировать необратимые летальные изменения в органах дыхания. Генами RFLP и ApoE обусловлено развитие гипертонии и атеросклероза, которые постепенно превращают здорового человека в немощного инвалида. Не стоит забывать и об онкогенах, вызывающих различные формы рака. Кроме того, существуют гены-агрессоры, которые сами по себе для человека не опасны, но при взаимодействии с респираторным вирусом вызывают смерть.

Пока большинство ученых считают генетический апартеид фантастикой. Выделить гены, характерные только для одной нации, чрезвычайно сложно. Однако, по информации из неофициальных источников, ученым ЮАР уже удалось идентифицировать генетический маркер бушменов, израильтяне близки к созданию маркера арабской национальности. Работы в этом направлении ведутся и в США, о чем говорится в докладе заместителя министра обороны Пола Вулфовица и редактора журнала The Weekly Standard Вильяма Кристола «Перестройка обороны Америки: стратегия, силы и ресурсы нового столетия».

С помощью специальных генетически модифицированных микробов уже сегодня можно уничтожать материально-техническую базу противника. В ходе военной операции в Ираке США собирались натравить на армию Хусейна *гамасов* (genetically engineered anti-material agents) – генетически модифицированных микробов, пи-

тающихся различными искусственными материалами. Если забросить их в тыл врага, они в кратчайшие сроки буквально сжуют асфальтовые дороги, полиуретановые взлетные полосы, металлические детали самолетов, вертолетов и автомобилей, бронированную экипировку, железную арматуру укреплений, пластмассовые покрытия кабелей и проводов, топливо и горюче-смазочные материалы.

8.3. Международные усилия по контролю за биотехнологиями

При всех трудностях международно-правового регулирования биотехнологии и биомедицины, такое регулирование — основополагающее начало контроля за криминальными последствиями биотехнологической революции.

Основные принципы такого контроля содержатся в Конвенции ООН о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (1971 г.) во Всеобщей декларации ООН о геноме человека и правах человека (разработанной Международным комитетом ЮНЕСКО по биоэтике и принятой Генеральной конференцией ЮНЕСКО в 1997 г.), а также в Декларации ООН о клонировании человека (принята резолюцией 53/280 Генеральной Ассамблеи от 8 марта 2005 г.).

Но Конвенция по бактериологическому оружию, по мнению многих специалистов, за более чем 35-летний период требует существенных добавлений. Например, Конвенция позволяет осуществлять контроль только при проведении работ на оборонных или государственных предприятиях, которые финансируются из государственного бюджета, но не в коммерческих структурах. А ведь именно в частных структурах в настоящее время идет наиболее активная разработка биотехнологий. Кроме того, Конвенция не предусматривает запреты на применение биологического оружия нового поколения, например, генетического.

Что касается Всеобщей декларации о геноме человека и Декларации о клонировании человека, то они являются именно декларациями, не имея конвенционального механизма международного сотрудничества.

Кроме того, Всеобщая декларация о геноме человека содержит объективно заложенные в нее противоречия. С одной стороны, ст.11 Всеобщей декларации о геноме человека провозглашает запрет на практику клонирования в целях воспроизводства человеческой особи, а государствам и международным организациям предлагается сотрудничать с целью выявления такой практики и принятия на национальном и международном уровнях необходимых мер. А, с другой стороны, ст.12 содержит требования о всеобщем доступе к достижениям науки в области биологии, генетики и медицины, касающимся генома человека, и свободе проведения научных исследований. При этом ст.11 предполагает негативное использование биотехнологий, а ст.12 – позитивное, в целях уменьшения страданий людей и в улучшении состояния здоровья каждого человека и всего человечества.

Конвенция Совета Европы о защите прав и достоинства человека в связи с применением достижений биологии и медицины (Конвенция о правах человека и биомедицине) от 4 апреля 1997 г. и Дополнительный протокол к данной Конвенции, касающийся запрещения клонирования человеческих существ, от 12 января 1998 г., содержат жесткие ограничения на использование биотехнологий, но не определяют механизмов международного сотрудничества при нарушении запретов.

Постоянное и объективно неснимаемое противоречие между негативными и позитивными последствиями развития биотехнологий может регулироваться только дополнительными международными конвенциональными документами.

Между тем многие ведущие эксперты ООН занимают твердую позицию, в соот-

ветствии с которой репродуктивное клонирование человека и другие подобные виды генетической инженерии должны быть квалифицированы как одна из категорий преступлений против человечества. В этой связи было сформулировано предложение о том, чтобы Международный уголовный суд расследовал и преследовал случаи клонирования человека.

Среди стран ЕС в авангарде «крестового похода» против клонирования человека оказались Германия и Франция. Они предложили разработать в рамках ООН Международную конвенцию против клонирования человека в целях воспроизводства.

Поддержав эту инициативу, Генеральная Ассамблея ООН в декабре 2001 г. приняла решение о разработке такой конвенции.

Кроме разработки Международной конвенции против клонирования человека в целях воспроизводства целесообразно также ставить вопрос о разработке дополнительного протокола о незаконном использовании и распространении биотехнологий к Конвенции ООН против транснациональной организованной преступности (2001 г.) (как известно, три протокола уже приняты: о предупреждении и пресечении торговли людьми, особенно женщинами и детьми и наказании за нее; о незаконном ввозе мигрантов по суше, морю и воздуху; о незаконном изготовлении и обороте огнестрельного оружия, его составных частей, компонентов и боеприпасов).

Не менее актуальна разработка и принятие Конвенции о борьбе с биотерроризмом, о чем неоднократно ставился вопрос на многих межправительственных и международных научных встречах.

По предложению российских и зарубежных экспертов основными мерами этой Конвенции могли бы быть:

международно-правовое определение биотерроризма;

включение в сферу охвата Конвенцией всех природных или искусственно созданных биологических агентов, токсинов или их компонентов, производимых в количествах, которые не предназначены для профилактических, защитных или других мирных целей;

включение в сферу охвата Конвенцией научно-технические достижения в области микробиологии, биотехнологии, молекулярной биологии, генетической инженерии и любых прикладных результатов геномных исследований в связи с возможностями их использования в целях создания биологического оружия;

запрет экспериментирования, связанного с выбросом в открытую атмосферу патогенов или токсинов, вредных для людей, животных или растений, которые не предназначены для профилактических, защитных или других мирных целей;

введение национальных мер лицензирования и экспорта, исключающих возможность даже непреднамеренной передачи биоагентов, токсинов, оборудования или средств доставки, которые могут быть использованы в биологических оружейных программах или в террористических целях;

принятие национального законодательства по соблюдению Конвенции, в том числе национального уголовного законодательства, включая положения по экстрадиции и меры наказания, обеспечивающие запрещение и предотвращение разработки, производства, накопления, приобретения или сохранения биоагентов, токсинов, оружия, оборудования и средств доставки в пределах их территорий, а также находящихся под их юрисдикцией или контролем;

принятие национального законодательства, которое требовало бы от лиц, обладающих особо опасными биоагентами, сообщать об их обладании компетентному правительственному органу;

введение национальных ограничений в отношении того, кто может иметь или приобретать конкретные биоагенты, относящиеся к категории особо опасных и регламентирование мест с их манипулированием;

принятие национальных мер по повышению ответственности ученых и научных коллективов, работающих с биоагентами или токсинами (разработка кодекса пове-

дения ученых) в целях предотвращения возможности использования их знаний и результатов исследований для разработки биологического оружия или в других целях, несовместимых с Конвенцией;

назначение или учреждение национального органа по осуществлению контроля за соблюдением Конвенции и связи с другими государствами-участниками Конвенции по мерам укрепления доверия, обмену научно-технической информацией, расследованиям и взаимодействию с ООН по вопросам соблюдения Конвенции, включая ежегодное предоставление объявлений о национальных биологических программах и деятельности предприятий, организаций, институтов и других учреждений, производящих или потребляющих биоагенты, которые могут представлять реальную или потенциальную опасность для человека, животных или растений, а также использующих оборудование и технологии, пригодные для производства биологического оружия;

принятие на себя обязательств, способствующих урегулированию любых озабоченностей, возникших у любого государства-участника Конвенции в отношении соблюдения Конвенции или даже смежного вопроса, который может быть сочтен неясным, путем консультаций, предоставления запрашиваемой информации или доступа к расследованию на месте международной группой экспертов, уполномоченных на его проведение Генеральным секретарем ООН;

принятие на себя обязательств (по получении просьбы государства-участника Конвенции об оказании помощи) о направлении групп быстрого реагирования для оперативного оказания экстренной медицинской и другой помощи в случае применения биологического оружия или в случае проведения расследований при угрозе его применения;

предоставление каждым государством-участником Конвенции в ООН, ВОЗ информации о необычных (по масштабам и течению) вспышках заболеваний среди людей, животных или поражений растений, которые потенциально могут иметь отношение к незаконной деятельности, связанной с биологическим оружием или предполагаемым применением биологического оружия;

создание всемирной базы данных в сфере генной инженерии, биотехнологии и других научных разработок, формирование глобального мониторинга за заболеваниям и просветительских программ для медицинского, научного и военного персонала относительно трактовки положений Конвенции, установление общемировых стандартов биологической безопасности и другие вопросы.

25 сентября 2002 г. было принято Обращение Международного Комитета Красного Креста (МККК) о биотехнологиях, вооружении и гуманности, в котором МККК призывает:

все политические и военные власти более строго придерживаться своих обязательств по соблюдению норм международного гуманитарного права, которые запрещают враждебное использование биологических веществ, и действовать сообща в целях установления эффективного контроля над потенциально опасными биотехнологиями;

научные и медицинские сообщества, промышленников и гражданское общество в целом обеспечить эффективный контроль над потенциально опасными биологическими знаниями и веществами.

МККК, руководствуясь своим мандатом по защите жертв вооруженных конфликтов и помощи им, особенно озабочен потенциальным враждебным использованием биологических веществ.

МККК полагает, что эти угрозы могут сказаться на всех слоях общества. В заявлениях правительств, органов системы ООН, научных кругов, медицинских ассоциаций и промышленных кругов содержится длинный перечень существующих и вновь появляющихся возможностей злоупотребления достижениями в области биологии.

К ним относятся:

намеренное распространение таких заболеваний, как тиф, сибирская язва и оспа, с целью сеять смерть, болезни и страх;

изменение существующих болезнетворных средств с целью сделать их более

опасными, как это непреднамеренно произошло при исследовании вируса мышиной оспы;

создание вирусов из синтетических материалов, как это случилось в 2002 году при использовании рецепта из Интернета и генетических соединений, полученных по почте;

возможная разработка в будущем биологических веществ, действующих на конкретную этническую группу или расу;

создание нового бактериологического оружия для применения в сочетании с соответствующими вакцинами, обеспечивающими безопасность собственных войск или своего населения. Подобное развитие событий может повысить привлекательность использования биологического оружия.

новые методы тайного распространения встречающихся в природе биологических веществ с целью изменения физиологических или психологических процессов среди подвергающегося воздействию населения, например, влияние на сознание, поведение или способность к воспроизводству, иногда в течение ряда лет;

производство бактериологического оружия для воздействия на сельскохозяйственную или промышленную инфраструктуру. Даже непреднамеренный выброс таких веществ может оказать неконтролируемое и непредсказуемое влияние на окружающую среду;

создание биологических веществ, которые смогут повлиять на структуру человеческих генов, затрагивая несколько поколений и оказывая негативное воздействие на само развитие человечества.

МККК призывает все заинтересованные стороны взять на себя ответственность за ситуацию в этой области, пока не стало слишком поздно. Необходимо подтвердить древнее табу, наложенное на использование во время войны «чумы и яда» и передававшееся из поколения в поколения в различных культурах.

Использование яда и отравленного оружия было запрещено в Древней Греции и Риме, в Законах Ману в Индии, в основанных на Коране нормах ведения войны, которые использовали сарацины. Этот запрет был кодифицирован Кодексом Либера в 1863 г. во время гражданской войны в США, а на международном уровне – Гаагской декларацией 1899 г., а также Положением, прилагаемым к 4-й Гаагской конвенции 1907 г.

В феврале 1918 г. МККК выступил с воззванием, говоря о ведении войны с помощью яда как о «варварском изобретении, которое наука доводит до совершенства...» и выражает ярый протест «против этого средства ведения войны, которое нельзя назвать иначе как преступным». Это обращение в силе и сегодня.

Частично отвечая на обращение МККК, государства приняли Женевский протокол 1925 г., подтверждая общий запрет на использования отравляющего газа и распространяя действие документа также на бактериологическое оружие. Сейчас эта норма составляет часть обычного международного права, являясь обязательной для всех сторон во всех вооруженных конфликтах.

Конвенция о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении была подписана странами — депозитариями 10 апреля 1972 года на русском, английском, испанском, китайском и французском языках в 3-х экземплярах. Ратифицирована Верховным Советом СССР в 1975 году.

В настоящее время к Конвенции присоединились 148 государств, за исключением Израиля, Египта, Танзании, Сомали, Непала и некоторых других.

Текст конвенции состоит из 15 статей и является исключительно лаконичным и всеобъемлющим документом.

Первая статья запрещает разработку, производство, накопление и хранение биологического оружия.

Вторая статья обязывает страны стран-участниц Конвенции уничтожить запасы биологического оружия.



Третья статья обязывает государства не передавать, кому бы то ни было технологии биологического оружия.

Конвенция является бессрочной и результаты ее действия рассматриваются каждые 5 лет на Международных конференциях.

Что касается новых достижений в области биотехнологий и возможной террористической угрозы, действие этой Конвенции распространяется на все биологические вещества, которые «не имеют назначения для профилактических, защитных или других мирных целей». Это относится и к средствам доставки таких веществ (статья 1 Конвенции о биологическом оружии 1972 г.).

МККК глубоко сожалеет, что продолжительные переговоры об усилении действия этой Конвенции с помощью режима контроля над ее соблюдением не привели к ожидаемым результатам в ноябре 2001 г. Этот факт подчеркивает насущную необходимость того, чтобы государства подтвердили свою готовность обеспечить эффективный контроль над биологическими веществами.

Обязанность предотвратить враждебное использование биотехнологий лежит на каждом государстве. Однако она возлагается не только на правительства, но и на всех граждан, особенно на военнослужащих, ученых и медицинских работников, а также на специалистов в области биотехнологий и фармацевтической промышленности.

В докладе Генерального секретаря ООН от 27 апреля 2006 года (A/60/825) «Единство в борьбе с терроризмом: рекомендации по глобальной контртеррористической стратегии» большое внимание уделено угрозам использования террористами биологического оружия (пп.52-57).

Международно-правовой контроль за биотехнологиями должен стать предельно жестким, международно-правовые нормы — максимально ограничительными, учитывая, что любое отступление от вводимых запретов может стать необратимым преступлением против человечества.

Отсутствие такого жесткого контроля и единой международной позиции по этим вопросам создает почву для возможности возникновения «генетических чернобылей» в различных уголках Земного шара.

Много лет назад Уинстон Черчилль сказал: «Каменный век может вернуться на сияющих крыльях науки». Нельзя допустить, чтобы это предупреждение выдающегося политика стало пророческим.

8.4. Военные роботы

В ближайшие годы вооружения, которыми большие технически развитые страны будут вести войны, кардинально изменится. Над Ираком и Афганистаном уже летают боевые самолеты-роботы. Искусственный интеллект, устойчивая радиосвязь со штабом — и никаких пилотов. В недалеком будущем воевать будут именно они, а солдаты из безопасных и комфортных подземных бункеров будут лишь отправлять в бой бесстрастные машины. По оценкам многих экспертов, к 2015–2020 гг. до трети машин мирового парка военной авиации в передовых странах станут беспилотными, а функции выполнять будут те же, что и «экипажная» авиация.

За последние несколько лет на рынке появилось множество моделей легких, полностью автономных беспилотников и от года к году их становится все больше. Несмотря на то, что по размерам и исполнению они больше напоминают игрушки, чем боевую технику, военные всего мира очень внимательно присматриваются к этим «самолетикам»: их привлекает возможность организовать разведку и наблюдение для каждого небольшого подразделения. Изготовленные из вспененных полимеров и снабженные очень тихими электродвигателями, модели с размахом крыла до 1 м с расстояния в несколько десятков метров почти невидимы – и не только для глаза, но и для радаров или тепловых датчиков, обычно настроенных на поиск более крупных целей. Сбить их из стрелкового оружия тоже нелегко. Пока на них ставят только камеры, связь и телеметрию. Но это пока.

Воздушные беспилотные системы (БПЛА) обычно называют дронами — автоматический робот разведчик. В задачу автономных систем входит выполнение миссий, потенциально опасных для человека, в более широком смысле: мобильный, автономный аппарат, запрограммированный на выполнение каких либо задач.

Наземные аппараты называют, как правило, просто роботами. Робот может непосредственно подчиняться командам оператора, может работать по заранее составленной программе, либо следовать набору общих указаний с помощью технологии искусственного интеллекта.

Еще в 1988 году Министерство обороны США в рамках специальной программы инициировало крупномасштабные исследования, результатом которых должно было стать создание боевых роботов. За 20 последующих лет на свет появилось более 200 прототипов боевых машин, способных вести военные действия самостоятельно или по командам оператора, управляющего ими дистанционно. Большинство роботов предназначено для патрулирования, ведения разведки, разминирования, доставки грузов и ряда других военных целей. Некоторые образцы способны самостоятельно принимать решения об открытии огня по противнику.

Корпорация Boeing получила от Министерства обороны США заказ стоимостью 15 млрд. долларов на разработку Future Combat System («Боевая система будущего»). Проектом предусматривается создание на основе мощнейшей спутниковой системы единого компьютеризированного центра управления частями и соединениями, расположенными в различных районах военных действий. Причем вне зависимости от того, где они находятся — на земле или в воздухе, — всё, от управляемых снарядов до бронетехники и самолетов, будет увязано в единую боевую и информационную матрицу, что, как сказано в документе, позволит американскому солдату «видеть первым, понять первым, действовать первым и заканчивать решительно». Уже к 2012 году в рамках проекта предполагается испытать сразу 18 невиданных доселе боевых единиц, в том числе роботов-танков и ударных БЛА.

На данный момент Израиль считается лидером в создании и применении беспилотных летательных аппаратов. Ливанская война 2006 г. стала первой в истории по масштабам применения дронов, израильские боевые дроны «Hermes» совершили более 2500 боевых вылетов. Они использовались для разведки, поиска и уничтожения живой силы противника.

В июле 2007 г. Соединенные Штаты приступили к развертыванию в Афганистане и Ираке первых ударных эскадрилий новейших самолетов-роботов «Рипер» для ведения боевых действий против «Аль-Каиды» и талибов

Ранее вооруженные силы США использовали беспилотные самолеты типа Predator для ведения разведки и нанесения единичных ударов по специальным целям. Однако сейчас на вооружение принимается новый вид самолетов-роботов, способных проводить крупные штурмовые операции.

«Рипер», дрон, достигающий 16 метров в длину, несет на борту до полутора тонн вооружений. В основном это ракеты повышенной точности попадания, снабженные системой спутникового наведения. Самолет-робот развивает скорость до 500 км/час

и набирает высоту до 17 км. Боевой арсенал «Рипера» насчитывает четыре ракеты Hellfire плюс две 250-килограммовые бомбы (либо четырнадцать менее мощных ракет класса «воздух–земля»). Иначе говоря, Reaper — это уже не аппарат воздушной разведки с опциями для нанесения ударов, а серьезный дрон-штурмовик с богатыми возможностями авиаразведки. Он может парить над заданной территорией до 14 часов, находясь в полном боевом вооружении и поджидая, когда на земле появится нужная цель для его ракет, оснащенных системами инфракрасного, лазерного и радарного наведения.

Управление разворачиваемых в Афганистане и Ираке самолетов-роботов будет производиться на расстоянии почти 10 тыс. километров из специального компьютерного центра, находящегося в американском штате Невада. Оператор, использующий новейшую систему виртуального присутствия, имеет возможность через военный спутник связи руководить полетом самолета-робота и наносить удары.

Военное командование США надеется, что использование самолетов-роботов позволит сократить число традиционных боевых машин, используемых в Ираке и Афганистане.

На предприятии компании BAE Systems в Ланкашире (Великобритания) началось изготовление элементов фюзеляжа тяжелого ударного БПЛА Taranis. В октябре 2007 года компания объявила о завершении работ по созданию полностью автономной системы управления, которая позволит аппарату полностью автономно совершать все эволюции — как в воздухе, так и на земле. Беспилотный скоростной ударный самолет Taranis станет одним из крупнейших боевых БПЛА в мире. Предполагается, что он сможет наносить удары в стратегической глубине обороны противника, самостоятельно разведывать цели и уничтожать их после подтверждения оператором, будет способен самостоятельно защищаться от действий авиации противника — как пилотируемой, так и беспилотной. В самолете будет реализован комплекс мер по снижению его заметности.

RQ-4 Global Hawk — высотный разведывательный БПЛА. Первый аппарат Global Hawk был передан военно-морским силам США в 2004 году и приступил к выполнению боевых задач в марте 2006 года. RQ-4 выполнен по нормальной аэродинамической схеме. Крыло полностью изготовлено из композиционного материала на основе углеволокна. V-образное хвостовое оперение, также сделано из композиционных материалов. Фюзеляж изготавливается из алюминиевых сплавов. Его размах крыльев равен примерно 35 метрам, длина — 13,3 метрам, а взлетный вес приближается к 15 тоннам. Аппарат может патрулировать в течение 30 часов на высоте до 18000 метров. Его главная задача – засекать подвижные комплексы баллистических ракет, как на автомобилях, так и на железнодорожных платформах. «Всемирный ястреб» несет точнейшую инфравизорную аппаратуру на борту, а заодно и радары. К 2010 году США должны располагать шестьюдесятью такими машинами. Эти штуки могут быть оснащены еще и небольшими ракетами с тепловыми головками самонаведения.

На вооружении США имеются и миниатюрные дроны. Первый полет дрон WASP совершил в 2007 году. Аппарат оснащен двумя миниатюрными видеокамерами, которые собирают информацию и передают ее оператору в режиме реального времени. Wasp весит 200 граммов, размах крыла 33 сантиметра, оснащен электромотором, получающим энергию от аккумуляторов и подзаряжающимся во время полета от солнечных батарей. Модификация Wasp III имеет размах крыльев 73.5 см, весит 454 г и несет электро-оптические цветные камеры, направленные вперед и в стороны плюс дополнительную модульную нагрузку оптических или инфракрасных сенсоров. Имеет дальностью действия до 5 км от оператора и максимальное время нахождения в воздухе до 45 минут.

6 февраля 2002 года по миру разнеслась сенсация. Американские военные заявили, что миниатюрный самолет-робот «Предейтор» ударил ракетой по группе афганских боевиков и убил одного из главарей сети «Аль-Каида». Затем был уничтожен джип с активистами «Аль-Каиды» в Йемене в ноябре 2002-го. И снова ракетой по автомобилю ударил беспилотный самолет стратегического радиуса действия.

Наступает новая эра в воздушной войне. С 1996 года ВВС США разворачивают большую программу создания самых разнообразных самолетов-роботов, беспилотных разведчиков и ложных целей, которые должны запутать неприятеля. Дешевые беспилотные аппараты смогут делать все. Объединившись в сети, беспилотники превратятся в чудо-оружие – всевидящее и всепоражающее.

Одним из таких аппаратов должен стать беспилотный аппарат «Темная звезда» («Dark Star»). Построенная по технологии «невидимки», эта четырехтонная машина способна удалиться от центра управления на тысячу километров и 8-10 часов барражировать на высоте в 13,7 километра. Такой самолет сможет пройти сквозь поредевшую ПВО России и висеть над нашими головами, засекая своими датчиками все, что движется по земле со скоростью больше семи километров в час. Неся на борту аппаратуру лазерной подсветки цели, «Темная звезда» способна засечь мобильную установку межконтинентальной ракеты и навести на нее удар крылатой ракеты, управляемой авиабомбы с американского самолета или даже баллистической ракеты, выпущенной с подлодки «в упор» откуда-нибудь из Балтики.

А в США полным ходом идут работы и над реактивным бомбардировщиком-роботом UCAV. Готов и испытывается его прототип – бесхвостая малозаметная машина X-45A. Первый полет X-45A совершил 22 мая 2002 года на калифорнийской авиабазе Эдварде. X-45A понесет 680 кг бомб и ракет на борту, он сможет автоматически выбирать самые важные цели, определять трассу полета к ним и сам возвращаться на базу. Его скорость – 0,8 от звуковой. Сей робот тоже сможет находиться в воздухе сутки, да и стоимость его втрое меньше, чем обходится США новейший истребитель. И эти роботы будут вплетены в единую сеть разведки и управления боевыми действиями. Американцы намерены атаковать такими штурмовиками комплексы ПВО типа нашей С-300 (С-400).

К 2010 году в США должны появиться X-45A и X-45B, которые будут способны воевать в связке с обычными самолетами. Один наземный оператор сможет управлять



действиями сразу четырех беспилотников, которые к тому времени станут и вооруженными и радионевидимыми. Человек станет управлять этими аппаратами только частично. Их электронные мозги позволят им самим распознавать цели и уклоняться от атак, взаимодействовать с другими американскими самолетами и стрелять по противнику боеприпасами, которые управляются благодаря спутниковой системе GPS.

Эти роботы станут основой для идеологии интеллектуальных беспилотных операций. Главное, для чего они создаются состоит в уничтожении противовоздушной обороны страны, на которую нападают американцы. Затем они должны уничтожать хорошо защищенные цели, все те же штабы, центры управления, стартовые позиции баллистических ракет. Комплексы боевых беспилотников можно будет перебрасывать в любую точку света и уже через 75 минут после развертывания они будут готовы к вылетам.

Эксперты считают, что боевые беспилотники во многом превзойдут обычные боевые самолеты. Дело даже не только в их дешевизне по сравнению с «обитаемыми» истребителями-бомбардировщиками. Робот по маневренности превзойдет обычные машины потому, что может позволить себе самые немыслимые кульбиты и перегрузки. Ведь на его борту нет летчика, который от перегрузок теряет сознание. А коли так, то сбить такой аппарат будет намного труднее.

В войнах будущего противником человека на поле боя станут машины. Первые стальные солдаты Swords уже вышли на поле боя в Ираке в июне 2007 г. Им поручено уничтожать повстанцев — то есть выполнять задачу, возложенную на вооруженные силы США. Боевые автоматы ростом в один метр носят камуфляж «под пустыню», передвигаются на гусеницах и своими пятью глазами-камерами способны видеть и в темноте. Направляемые невидимой рукой, они наводят на цель пулеметы М249. Это первый вооруженный робот в истории войны.

Компанию боевым роботам скоро составят и другие. Это только вопрос времени. Сейчас американские военные испытывают самоходное устройство по имени Gladiator, разработанное исследователями Института роботов в Carnegie Mellon University, находящегося в Питтсбурге, штат Пенсильвания. Вес этого робота превышает одну тонну, и на своих резиновых гусеницах он способен брать подъемы крутизной в 60 процентов. Вооруженные силы оснастили прототип камерой наведения и автоматом М240 с дистанционным управлением.

В 2008 году четырехколесная версия «гладиатора» может появиться в Ираке (если там еще будут находиться войска США).

Боевые роботы вполне в состоянии рассеивать скопления людей, применяя при этом три ступени воздействия: сначала через громкоговоритель «гладиатор» выкрикивает предупреждения, затем стреляет резиновыми пулями и лишь в конце начинает стрельбу из пулемета.

Более полувека прошло после того, как Айзек Азимов в книге «Я, робот» ратовал за то, чтобы робот никогда не причинял зла человеку. Но разработка автоматических киллеров зашла так далеко, что ее уже не остановить.

До 2015 года треть парка бронированных машин и вооружений США должна быть заменена роботами.

В Израиле автоматизация боевых действий тоже стала основной тенденцией. Вдоль 60-километровой полосы Газа в настоящее время устанавливаются роботы-снайперы. Разработанные израильским военным концерном Rafael стационарные системы See-Shoot оснащены автоматическими пулеметами с камерами. Дальность их боя достигает 1500 метров.

С военной точки зрения многое говорит в пользу вывода на поля сражений механических солдат. Они не знают страха и не устают. Они убивают без тени сомнения, и даже их гибель на поле боя отличается от гибели обычного солдата — это не повод переживать.

В США при разработке роботов военного и гражданского назначения используются общие подсистемы и элементы, основанные на передовых достижениях в области сенсорных устройств, машинного зрения, распознавания речевых команд,

механических манипуляторов, математического обеспечения и т. д. Это позволяет на одной и той же научно-технической и промышленной базе создавать и автоматизированные средства вооруженной борьбы, и автоматизированные производственные системы, и рассчитанные на массовый спрос коммерческие товары. При такой схеме выпуск военной продукции не требует наличия специальной военной промышленности. Роботы, которые были представлены на Международной выставке оборонных систем и вооружений в сентябре 2005 года, наглядно продемонстрировали — гражданский и военный сектор в этой области практически слились.

В США роботизация вооруженных сил даже возведена в ранг государственной политики. Президент Джордж Буш еще три года назад заявил: «Мы вступаем в эру, когда безэкипажные средства всех видов будут играть все большую роль — в космосе, на суше, в воздухе, на море». Американцы намерены постепенно отказаться от практики, когда одна система оружия заменяется на более новую, более совершенную, и перейти к разработке целых комплексов роботизированных систем, заменяющих или дополняющих десятки традиционных систем оружия. Уже сейчас они создают по программе «Будущие боевые системы» 18 базовых образцов вооружения трех классов: экипажные наземные машины, включая восемь бронированных, беспилотные летательные аппараты и безэкипажные наземные роботизированные машины. Все эти устройства будут объединены единой системой боевого управления, контроля, связи, ЭВМ, разведки и наблюдения и смогут обмениваться информацией в реальном масштабе времени. В более отдаленной перспективе на вооружение поступят роботы самого разного назначения и даже появятся маневренные роботизированные боевые формирования.

Понятно, что на традиционных мобилизационных производственных мощностях советского образца наладить в случае войны выпуск и модернизацию такого рода систем не удастся. Для этого нужны самонастраивающиеся гибкие автоматизированные комплексы, причем постоянно задействованные, что также возможно только в гражданском производстве. В США уже сегодня многие производства могут быть в случае необходимости без особой перестройки и в сжатые сроки переведены на выпуск компонентов оружия с элементами искусственного интеллекта. Показательный пример — компания «Дженерал Атомикс». В 1994 году она получила контракт стоимостью всего 35 млн долл. на создание уже упоминавшегося беспилотного самолета «Предатор». И уже в 1995-м этот летательный аппарат появился в небе над Балканами.

Роботы на оснащении армии Израиля

Беспилотные самолеты, уничтожающие террористов с воздуха, автомобили-роботы, совершающие патрульные объезды и способные обнаружить попытки нарушения границы, корабли без команды на борту, плавающие у берегов сектора Газы, и солдаты ЦАХАЛа, сидящие в бункерах за несколько километров от реальной опасности – таково будущее, к которому стремится Армия обороны Израиля.

В воздухе

Израиль известен всему миру, как лидер в области создания БПЛА – малых, средних и гигантских размеров. Эти самолеты, производимые сразу несколькими оборонными предприятиями, такими, как концерн РАФАЭЛ и концерн «Авиационная промышленность» (ТАА), несут службу во многих армиях мира, от США до Австралии и Южной Кореи, принимая участие в палестино-израильском конфликте, в операциях в Ираке и Афганистане.

Основу парка беспилотной авиации Израиля (включая перспективные разработки) составляет широкий спектр летательных аппаратов различного назначения. Это и крошечные «Sky-lark», способные запускаться с руки и стоящие на вооружении разведки и пехоты, и крупнейший в мире беспилотник «Эйтан».

Среди множества израильских разработок и такие ударные дроны, как «Harpy» и «Heron» (несущие ракетное оружие), а ударный дрон «Harpy» предназначен для обнаружения и уничтожения радарных установок. Запуск беспилотника осуществляется с грузовика. Эскадрилья «Harpy» из 18 летательных аппаратов может разместиться на

трех грузовиках, на одном из которых находится центр управления полетом. Ударный дрон «Hunter» в ходе летных испытаний был оснащен противотанковой ракетной системой, с помощью которой уничтожил бронемашину и танк Т-72.

Несмотря на расширяющийся выпуск многофункциональных БПЛА, израильские конструкторы не оставляют без внимания и небольшие дроны тактического назначения, так называемые ближние разведчики. Израильской армией приняты на вооружение малые дроны «Sky-lark» и «Seagull» фирмы Silver Arrow. Предназначенные для выполнения задач на уровне взвода, оба дрона, запускаемые с руки, оснащены видеокамерами и инфракрасными датчиками обзора. «Sky-lark» может находиться в воздухе более двух часов, «Seagull» – более шести часов.

Ливанская война 2006 г. стала первой в истории по масштабам применения боевых дронов, совершивших более 2500 боевых вылетов. Они широко использовались для разведки, поиска и уничтожения живой силы противника, им удавалось обнаружить даже отдельных террористов, пытавшихся скрыться под покровом темноты.

В последнее время в печати появилось много сообщений о так называемых летающих роботах — ударных дронах, не только осуществляющих сбор информации, но и способных нести ракетное вооружение и наносить огневые удары. Как утверждают зарубежные источники, израильские беспилотники уже поразили множество целей. Например, 2 октября 2004 года, по данным палестинских СМИ, с борта израильского дрона по группе боевиков «Исламского джихада» была выпущена ракета. Шесть боевиков погибли.

В настоящее время проходят летные испытания нового дрона «Эйтан» («Стойкий»), крупнейшего в мире, размах крыльев сверхсекретного аппарата достигает от 26 до 35 м, что сравнимо с габаритами авиалайнера «Боинг-737». Главное назначение — дальняя разведка, поиск и уничтожение установок баллистических ракет. При крейсерской скорости 296 км/ч он может теоретически пролететь 14 800 км.

Беспилотники стали заметной частью израильского военного экспорта. Продажи этих летательных аппаратов осуществляются в десятки стран, а стоимость сделок составляет миллиарды долларов.

На данный момент основной целью израильских БПЛА официально является сбор информации и радиоэлектронная война, однако согласно публикациям в прессе они принимают участие и непосредственно в боевых действиях, в том числе – в точечных ликвидациях палестинских террористов в секторе Газы.

Большей части беспилотных самолетов, находящихся сейчас на вооружении, требуется пилотная команда, фактически управляющая самолетом с земли, однако новые израильские разработки уже способны летать сами, совершая все действия, включая взлет, посадку и барражирование над определенной местностью, без вмешательства человека.

Только недавно стало известно, что специалисты ТАА разработали новый БПЛА, названный «Блуждающий охотник», который в будущем сможет в течение шести часов самостоятельно барражировать над заранее зафиксированной территорией, отслеживая запуски ракет и уничтожая ракетные установки. Этот самолет был разработан по просьбе ЦАХАЛа, сделавшего свои выводы из итогов Второй ливанской войны.

Еще одна разработка – БПЛА — камикадзе «Гарпия», несет на себе 23 килограммовый заряд и электрооптические датчики, позволяющие оператору определить потенциальную опасность цели, обнаруженной самолетом, и при необходимости дать самолету команду спикировать на врага.

Однако авиация предназначена не только для разведки и уничтожения врага. По воздуху можно доставлять за линию фронта оружие и амуницию и эвакуировать раненых. Сейчас отдел логистики и снабжения ЦАХАЛа вместе с ВВС и командованием сухопутных войск проверяют ряд разработок, предложенных израильскими компаниями для этих целей.

ТАА уже начал проводить эксперименты по превращению обычного грузового вертолета в беспилотный. Компания Urban Aeronautics разрабатывает новый беспилотный вертолет Mule, работающий не при помощи внешнего винтового ротора, а при помощи внутренних роторов, задействуемых турбореактивным двигателем. Этот небольшой вертолет (длиной всего пять метров) будет способен перевозить груз весом в 230 килограммов – еду, воду, медикаменты, боеприпасы и т.д.

Параллельно, на прошедшем недавно съезде специалистов оборонных предприятий было принято решение сделать максимальное усилие для создание беспилотного медицинского вертолета для эвакуации раненых с поля боя. Согласно заданным параметрам, вертолет будет длиной около восьми и высотой около полутора метров. Он будет способен перевезти четверых человек и медицинское оборудование, предназначенное для оказания экстренной помощи и передвигаться со скоростью в 150 км/ч на высоте в 3 километра.

На земле

Сразу две израильские компании заняты разработкой автономных патрульных автомобилей, способных совершать регулярные объезды по периметру заданной местности, фиксируя любые изменения и самостоятельно преодолевая преграды, одновременно передавая информацию на контрольный пункт. Первым объектом охраны, на котором будут использованы автономные патрульные автомобили, судя по всему, станет аэропорт имени Бен-Гуриона.

На данный момент эти автомобили безоружны, однако, согласно оценкам специалистов, уже в ближайшем будущем на подобные автомобили можно будет ставить системы вооружений.

Авторы проектов считают, что за подобными автомобилями – будущее патрульной службы – они не устают, не теряют бдительности, не засыпают за рулем, и их уничтожение не влечет за собой потерь в человеческих жизнях.

На последнем авиасалоне в Ле-Бурже компания «Эльбит Маарахот» представила первого в мире действующего боевого робота VIPeR, предназначенного для ведения боевых действий в городских условиях. Робот способен самостоятельно вести огонь и метать различные виды гранат. Его вес – 12 кг, длина – 36 см, ширина — 36 см, а высота – 22 см. Управление роботом дистанционное помощи специальной программы, заложенной в его электронный мозг. Он способен подниматься по лестницам и преодолевать препятствия, параллельно отслеживая все, что происходит вокруг. VIPeR вооружен специально сделанным для него мини-вариантом пистолета-пулемета «Узи» калибром 9 мм, на котором установлен лазерный прицел. Согласно идее создателей, робот, имеющий небольшой вес, переносится одним из солдат боевой группы и включается, когда есть необходимость в проникновении в здание.

На море

Сейчас в самом разгаре находятся испытания сразу двух видов плавательных аппаратов без команды на борту.

Один из них – боевой катер «Протектор» разработки РАФАЭЛ, на который инженеры установили всю необходимую аппаратуру для обнаружения врага на море. Катер создан на базе фиберглассового десантного катера, которым пользуются израильские морские коммандос, способного нести более тонны груза. Пока что на нем установлен пулемет калибром 7,62 мм, однако в будущем катер сможет нести значительно более тяжелое вооружение.

8.5. Военное использование нанотехнологий

Люди, львы, орлы и куропатки, рогатые олени, гуси, пауки, молчаливые рыбы, обитавшие в воде, морские звезды и те, которых нельзя было видеть глазом,— словом, все жизни, все жизни, все жизни, свершив печальный круг, угасли... Уже тысячи веков, как земля не носит на себе ни одного живого существа, и эта бедная луна напрасно зажигает свой фонарь. На лугу уже не просыпаются с криком журавли, и майских жуков не бывает слышно в липовых рощах. Холодно, холодно, холодно. Пусто, пусто, пусто. Страшно, страшно, страшно.

А.П.Чехов. «Чайка»

История неопровержимо свидетельствует о том, что едва ли все полезные изобретения и научно-технические разработки не только способствуют развитию экономики, но также ставят человечество перед новыми и подчас труднопредсказуемыми опасностями.

Освоение и внедрение нанотехнологий называют третьей научно-технической революцией. Благодаря такому прорыву человек сможет создавать новый мир по своему хотению, даже «конструировать» живую материю, основанную на саморегуляции. В будущем нанороботы будут способны к самовоспроизведению (невольно вспомнишь писателей-фантастов, которые предсказывали выход машин из-под контроля их создателей, что грозило уничтожением человечества). Однако все это дело отдаленного будущего[6].

Практическое применение нанотехнологиям, как и всяким новинкам в науке, первыми ищут военные. Новая техника, уверены ученые в погонах, в корне изменит характер боевых действий — война станет быстрой и разрушительной.

Нанотехнологии планируется применять как для атаки, так и защиты. Возможно создание краски, которая может затягивать мелкие пробоины в металле, менять цвет, например, боевой машины пехоты в зависимости от местности, а в дальнейшем вообще сделать ее невидимой. С помощью нанотехнологий можно управлять безэкипажной боевой техникой на расстоянии. Сегодня идут работы над управляемым снарядом для мортиры. Словом, нанотехнологии в военном деле открывают потрясающие перспективы.

Многие компании, причастные к нанотехнологиям, совершенствуют системы защиты от химического и биологического оружия — от перчаток, которые не пропускают токсичные вещества, до специальных кремов, уменьшающих токсичность элементов, попавших на кожу солдата.

Однако опаснее химического и биологического оружия станут невидимые виды вооружения. Они возможны благодаря наносборке и молекулярному конструированию. Такие нанороботы вообще могут уничтожить биосферу земли, используя ее как строительный материал.

В реальности ситуация с наногонкой такова: более 50 государств ежегодно инвестируют в нанотехнологии милларды долларов. Прежде всего это США, государства Евросоюза, Япония и Китай. Россия, по сути, в эту гонку только вступает.

Безусловно, военные всех стран говорят о том, что уже стало открытой информацией. Что делается в закрытых исследовательских и внедренческих организациях, мы не узнаем еще очень долго. Известно разве что главное свойство нанооружия — против него нет другой защиты, кроме нанозащиты. Масштаб исследований и рост чис-

ла полуфантастических проектов сдерживаются лишь гипотетической опасностью — пока неизвестна токсичность наноматериалов.

Есть, безусловно, и опасность геополитическая: страна, первая освоившая и выпускающая вооружения во всем нанодиапазоне, приобретет огромную военную силу, которой мало кто сможет противостоять. Мощность нанофабрик в отличие от ядерного комплекса может расти не по дням, а по часам. Миллионы военных боевых устройств можно будет выпускать за считанные часы. И неприятель не сможет узнать об этом даже с помощью изощренной технической и электронной разведки. Баланс сил может измениться мгновенно. И, пожалуй, главная опасность: вдруг кто-то не сможет удержаться от искуса вновь попробовать овладеть миром в одиночку. Этим «кто-то» необязательно будет государство, это могут быть и отдельные группы людей — те же террористы или тоталитарные секты.

Пока мы еще не до конца понимаем, как нанотехнологии повлияют на развитие человеческой цивилизации, и пока не предусмотрим надежные меры контроля исследований в области молекулярного производства, можно сказать, что дальнейшее развитие нанотехнологий опасно.

Кроме опасности неконтролируемой гонки нано-вооружений возникает опасность использования нанотехнологий отдельными организациями и группами людей. Особенно опасно, если эта группа людей или организация использует молекулярное производство монопольно. Такой нано-деспотизм является второй угрозой использования нанотехнологий в обществе. За примерами враждебно настроенных групп не надо ходить далеко: это всевозможные тоталитарные секты и террористические организации.

И еще одной угрозой будет техногенная катастрофа, возникшая из-за того, что при нанотехнологических исследованиях не побеспокоились о безопасности их проведения. Это может случиться как в любой стране, так и в любой исследовательской группе или организации.

Благодаря потенциалу наносборки и молекулярного конструирования станет возможным создание невидимых видов вооружения, которое станет опаснее и коварнее химического и биологического видов оружия. Как же уничтожить невидимое оружие? Получается, что мы можем стать свидетелями рождения одного из новейших видов «грязного» оружия. Нанороботы вообще могут уничтожить биосферу Земли, используя ее как строительный материал.

Нанотехнологии фундаментально изменят природу войны. Благодаря возможностям наносборки и молекулярного конструирования станет возможным создание невидимых видов вооружений, настолько же опасных и коварных, как и биологическое и химическое оружие. Однако нанотехнологическое оружие благодаря способу его производства будет также более точным, чем биологическое или химическое. Нанооружие будет создаваться с атомарной точностью, что позволит создавать роботов по размеру меньших, чем бактерии в биологическом оружии. Кроме того, таких нанороботов, в отличие от бактерий, можно будет программировать. Это означает, что нанооружие сможет обойти оборону противника и нанести удар по предопределенным целям, действуя по принципу крылатой ракеты, только в малом до невидимости масштабе.

Развитие радикально новых видов оружия всегда сопровождается нарушением установленных международным сообществом правил. Так как технология молекулярного производства позволит создание гораздо более опасных видов оружия, чем существуют сегодня, мы можем ожидать попыток введения контроля за ними и их распространением. Наиболее очевидным является попытка их полного запрещения, однако вряд ли она сработает. В прошлом ни одна попытка о полном запрете вооружений не работала, будь это луки и стрелы (Второй Латеранский Собор, 1159 год) или ядерное оружие (Генеральная Ассамблея ООН, 1946 год), и нет никаких оснований надеяться, что нанотехнологии в этом плане будут отличаться от своих предшественников.

Нынешние виды оружия можно обнаружить, причем иногда даже против воли государства, скрывающего их наличие. Хотя инспектирование и является важной частью договоров о контроле за вооружениями, гораздо более важна возможность обнаружения, идентификации и учета оружия из космоса при помощи спутников. В то же время значительная часть нановооружений будет необнаружима ни одним из старых методов, кроме прямого расследования (обычно неприемлемого), и тем самым может воздвигнуть непреодолимую преграду для выполнения соглашений о контроле за вооружениями. Страны не могут согласиться о контроле за тем, что обнаружить нельзя.

Обычно войну можно выиграть, если уничтожить танки, самолеты, авианосцы и бомбардировщики противника. Но если супероружие эпохи нанотехнологий невидимо, вроде невидимых фабрик, тогда и цели для удара не существует. Оружие противника, таким образом, может быть с легкостью заменено так же, как могут быть заменены нанофабрики.

Нанотехнологии могут стать благом, но одновременно и причиной серьезных конфликтов, в том числе вооруженных. Сложившаяся в мире геополитическая ситуация в значительной степени опирается на созданную систему глобального контроля уровня вооружений и военной техники технологически развитых стран. Сегодня разработку и накопление оружия массового уничтожения можно обнаружить и вопреки желанию государства-хозяина.

В случае же нанотехнологий контроль практически невозможен, в крайнем случае, весьма проблематичен. Нанотехнологии позволяют создавать принципиально новые виды оружия в виде миниатюрных (наноразмерных) автономных роботов, которые могут быть изготовлены в огромных количествах и способны осуществлять разведывательные, диверсионные и военные операции, в том числе вывод из строя ракетно-ядерного оружия.

Новое невидимое оружие может принять вид легко размножаемых нанобироботов, способных внедряться в генетическую структуру человека. Испытания такого оружия могут быть проведены скрытно, вне рамок общественного сознания. Важно и другое. Его не нужно создавать и хранить как обычное вооружение. Достаточно отладить и иметь в действии производственные комплексы в виде самовоспроизводящихся систем с коротким временем генерации оружия. Такие системы могут размещаться не обязательно на собственной территории. Они могут находиться в океанах, в космосе. Их назначение, как и назначение самого оружия, нельзя определить обычными методами.

Против нанотехнологического оружия нет других способов защиты, кроме контрсредств, созданных на той же основе. Наличие нанотехнологического оружия принципиально меняет военную стратегию: это путь к снижению числа военнослужащих, это скрытый характер собственной военной мощи, это возможность сокрушительного первого удара по противнику с минимальной или нулевой возможностью ответа.

Военные специалисты полагают, что нация, имеющая решающее преимущество в нанотехнологии, сможет разоружить любого противника. При этом нанотехнологическая война будет беспрецедентно быстрой и глобально разрушительной.

Возможно представить устройство размером с мельчайшее насекомое (около 200 микрон), способное находить незащищенных людей и впрыскивать им яды. Летальная доза токсина ботулизма составляет 100 нанограмм или около 1/100 объема всего устройства. 50 миллиардов единиц подобного оружия — количество, достаточное чтобы убить каждого человека на Земле — может храниться в чемодане.

Огнестрельное оружие станет намного более мощным — а пули самонаводящимися. Аэрокосмическая техника может быть намного легче и лучше, изготовляться с минимумом или вообще без металла, из-за чего обнаруживать ее с помощью радаров окажется намного сложнее. Встроенные компьютеры позволят активировать на рас-

стоянии любой вид оружия, а более компактные источники энергии позволят сильно улучшить возможности боевых роботов.

Из всего выше сказанного следует, что мы имеем дело с крайне опасным и непредсказуемым видом оружия. Опасность кроется не в самом вооружении, т.к. производство, основанное на нанотехнологиях, не позволит атаковать фабрики, военную силу противника. Но остается лишь одна мишень — люди.

В связи с развитием нанотехнологий следует особо выделить направления возникновения военно-технических угроз:

новые типы обычного оружия повышенной точности и поражающей силы;

боевые автономные миниатюрные системы наземного, воздушного и космического базирования, в том числе распределенные (типа «рой»);

сверхскоростные информационные распределенные системы;

ультрасверхвысокочастотные радиоэлектронные средства обнаружения и связи;

распределенные сенсорные сети (типа «умная пыль») специального назначения;

имплантируемые микро— и наносистемы, предназначенные для управления, изменения потенциальных возможностей и «манипулирования» человеческим организмом;

биологическое и химическое оружие триггерного и генетически избирательного действия.

США

Еще в 1995 году Дэвид Джеримайя, бывший член Объединенного Комитета Начальников Штабов заявил: «Нанотехнологии способны радикально изменить баланс сил в большей степени, чем даже ядерное оружие».

Национальную нанотехнологическую инициативу США президент Билл Клинтон озвучил в 2000 г. С тех пор развитие нанотехнологий стало одним из государственных приоритетов США. Особый интерес к ним в США проявился в военной сфере.

Ныне военные исследования в нанотехнологиях ведутся в пяти основных сферах:

- технологии создания и противодействия «невидимости»;
- энергетические ресурсы;
- самовосстанавливающиеся системы, например позволяющие автоматически чинить поврежденную поверхность танка или самолета или изменять ее цвет;
- связь;
- устройства обнаружения химических и биологических загрязнений.

Применение наноматериалов в военной технике открывает новые возможности для улучшения ее прочности. Усилия современных нанотехнологов сосредоточены на керамических материалах. Покрытия из нанокерамики применяются в 150 областях, их, к примеру, используют при изготовлении валов пропеллеров, телескопических перископов и т. д. Нанокерамика используется везде, где необходимы водонепроницаемость и защита от коррозии. К тому же новый материал гораздо прочнее обычной керамики и не столь ломок.

Военные машины предполагают оснастить специальной «электромеханической краской», которая позволит менять цвет наподобие хамелеона, а также предотвратит коррозию и сможет «затягивать» мелкие повреждения на корпусе машины. «Краска» будет состоять из большого количества наномеханизмов, которые позволят выполнять все вышеперечисленные функции.

На исследования «нанокраски» Министерство обороны США выделяет около двух миллиардов долларов в год. Также с помощью системы оптических матриц, которые будут отдельными наномашинами в «краске», исследователи хотят добиться эффекта невидимости машины или самолета. Миниатюрные камеры будут счи-

тывать изображение с одной стороны устройства, передавая его на фотоэлементы на другой стороне, формируя таким образом изображение заднего фона спереди машины.

Разработан защитный костюм для солдат, в котором используется материал, интегрированный с порошком FAST ACT. Для защиты от спор Bacillus anthracis, т. е. бактерий, наиболее распространенных в качестве военного бактериологического агента, компания Nanomaterials Research Corp. предложила использовать фуллерены, соединенные с антителами. Результаты клинических испытаний препарата показали, что он убивает саму бактерию и ее споры до того, как концентрация патогенов в организме приведет к его смерти. При этом с момента заражения организма антраксом проходит 24 часа.



Детектор HANAA

Другая компания предложила чип для определения биологической опасности размерами с почтовую марку. Устройство может определить присутствие нескольких видов различного бактериологического оружия. На его базе выпущен детектор HANAA, который можно использовать в полевых условиях. Прибор питается от батареек и весит около килограмма. Его принцип действия основан на репликации ДНК образца с помощью полимеразной цепной реакции. Когда же искомой ДНК становится достаточно для определения, прибор ее обрабатывает с помощью флуоресцентных меток и соотносит с одним из запрограммированных типов патогенной ДНК. Весь процесс обработки четырех различных образцов занимает 30 минут. С помощью нанотехнологий была создана кремниевая микрокамера, в которой происходит процесс нагрева-охлаждения ДНК. Как говорят разработчики прибора, он может опознать патоген при концентрации 10 бактерий в 1 пробе. 1 проба представляет собой капсулу диаметром 5 мм и 2 см длиной. Так как такие токсины, как рицин, не содержат ДНК и, соответственно, не могут быть опознаны детектором HANAA, компания также выпустила устройство на основе иммунохимического чипа, которое может опознавать 5 токсинов типа рицина. Эти устройства были успешно испытаны на специальном танке FOX в ходе войны в Ираке. Танк обнаружил следы рицина, зарина, споры антракса и другие токсины.

Разработаны воздушные фильтры на основе нановолокон, которые первоначально предназначались для астронавтов НАСА. Благодаря ультрамалым порам (около 50 нм) фильтр не пропускает отдельные вирусы и бактерии. Конечно и детекторы, и средства защиты будут использоваться в охране аэропортов, многоэтажных зданий, больниц, правительственных учреждений и пр.

Ученые, которые занимаются созданием наноружия, утверждают, что благодаря потенциалу наносборки и молекулярного конструирования станет возможным создание невидимых видов вооружения, которое будет в десятки раз мощнее обычного оружия. Оно будет напоминать облако пыли, способное взорвать любой объект, в том числе и подземный. По мнению ряда зарубежных военных специалистов, разведка местности с помощью «умных молекул» станет возможна уже через 7-10 лет. Облако «умной пыли» будет состоять из пылинок, представляющих собой часть системы наблюдения и анализа. Среди них будут видеокамеры с возможностью пере-

дачи информации, каналы связи, узлы обработки разведданных. Такой разведцентр, напоминающий небольшое дымное облако, должен самостоятельно перемещаться и обладать высокой степенью живучести и защищенности.

Сценарий разведки местности и шпионажа будет следующим. Распыленное в окрестностях важного объекта облако незаметно перемещается в его сторону. Попутно выбираются оптимальные места для размещения «субоблачков». Облако видеонаблюдения, каждая пылинка которого представляет собой отдельный пиксель матрицы с интерфейсом связи с соседями, стремится занять лучшую позицию для большего обзора пространства. Жучки или, возможно, «мошки» устанавливают «контроль за звуками». Самая сложная часть — передача информации в штаб разведки — в ближайшее время вряд ли сможет обойтись без засылки агента с устройством, считывающим ее.

По данным Национальной нанотехнологической инициативы (ННИ) США, в 2006 году в Афганистане были испытаны системы слежения за передвижением войск союзников НАТО, чтобы координировать их действия.

Встроенные компьютеры позволят активировать на расстоянии любой вид оружия, а более компактные источники энергии позволят сильно улучшить возможности боевых роботов. При этом в ходе военных действий армии будут уничтожать людей, а не военную технику или промышленные предприятия.

Самая очевидная и простая в исполнении задача, которую можно будет поручить уже самым первым, сравнительно большим стайным нанороботам, состоит в физическом уничтожении сил противника с помощью микрозарядов взрывчатки. Будучи сброшенным с самолета, естественно, беспилотного, облако само автоматически ищет цели, разделяется на кластеры необходимого для их поражения размера, облепляет их, проникая в незащищенные места, и синхронно подрывается. Получившийся объемный взрыв сжигает системы управления техникой и опустошает самые защищенные бомбоубежища с максимальной эффективностью, недоступной обычным видам вооружения.

Аналитик Том Маккарти — профессор кафедры науки и инженерии университета штата Массачусетс автор статьи *«Молекулярная Нанотехнология и Мировая Система»*, утверждает, что нанотехнологии будут способствовать снижению уровня экономического влияния отдельных государств. В ходе военных действий, армии будут предпочитать уничтожать людей, а не военную технику или промышленные предприятия. Нанотехнологии позволят организовать промышленное производство даже в регионах, где нет минеральных ресурсов. Они сделают небольшие группы вполне самодостаточными, что может способствовать распаду государств.

В США уже создан Институт солдатских нанотехнологий — для разработки вооружения и экипировки «солдата будущего». Это будет, собственно, уже не солдат в привычном сегодня понимании, а отдельный самостоятельный механизм. Например, форма одежды у него будет толщиной всего несколько миллиметров. Ее планируют создать на основе нановолокна из нанополиуретана. Последний по структуре очень напоминает паутину. Это, по сути дела, мягкая броня, защищающая солдата от неограниченного количества пуль — в отличие от современных бронежилетов, где количество принятых пуль ограничено.

Пульс, давление, температуру солдата считывают микроскопические датчики в костюме, данные передаются врачу, который находится в сотнях километров от места боевых действий. Тот дает «костюму» команду сделать необходимые инъекции. «Костюм» же предупредит солдата о химической или биологической атаке. Приказы универсальному солдату будут приходить, отображаясь на защитном стекле его шлема. Шлем заменит ему и бинокль, и прибор ночного видения. В рюкзаке за спиной солдата разместится аппаратура глобальной системы позиционирования, которая не позволит ему заблудиться даже в самой сложной местности.

В США уже объявили о замене в будущем традиционных солдат нанороботами, среди которых большое место занимают именно микроскопические. Например, бес-

пилотные летательные аппараты (БПЛА) разбросают тысячи мельчайших наносенсоров на территории противника, которые все об этом противнике расскажут. Другой пример: сброшенное с БПЛА облако микроскопических нанороботов само автоматически ищет цели, облепляет их, проникая в незащищенные места, и синхронно подрывается. Объемный взрыв сжигает системы управления, уничтожает все живое в защищенных бомбоубежищах. Объектом подрыва может быть и танковая колонна, и эскадрилья самолетов.

Израиль

Израильские специалисты работают над несколькими военными проектами, в которых предполагается использование нанотехнологий. Один из самых амбициозных — боевой робот-шершень.

Предполагается, что такой летательный аппарат будут использовать для обнаружения и уничтожения противника на поле боя, в первую очередь в районах жилой застройки. Шершень планируется оборудовать видеокамерой, которая позволит передавать картинку на пункт управления войсками, также он сможет нести на себе заряд взрывчатки.

Помимо боевых нанороботов, израильские ученые разрабатывают систему микродатчиков, которые можно будет разбрасывать на территории противника, чтобы с их помощью в режиме реального времени получать всевозможную информацию о происходящем на месте.

Также в Израиле идут исследования, направленные на создание новых видов индивидуальной защиты военнослужащих. Ученые создают легкий и суперпрочный материал для производства специальной одежды для бойцов, которая призвана заменить тяжелые бронежилеты. В настоящее время в городе Кирьят-Гате построен завод стоимостью более 3,5 миллиарда долларов для разработки и производства подобных материалов.

Великобритания

Наиболее интересным нанопроектом в Великобритании является MFI (*Micromechanical Flying Insect* — механическое летающее насекомое). В рамках программы предполагается создание микроробота-шмеля. Доктор Джон Баркер, профессор Центра исследований в области наноэлектроники в Глазго, уже создал математическую модель процесса собирания микроустройств в стаи и обмена информацией между ними для совместных действий.

Ведутся разработки моделей боевого применения групп MFI в различных видах боя. Планируется, что себестоимость таких насекомых составит около 10 центов, а производить их будут так называемые «нанофабрики» прямо на поле боя.

Китай

В настоящее время в Китае насчитывается около 800 компаний, занимающихся внедрением нанотехнологий и более 100 научно-исследовательских лабораторий. Характер их работы традиционно остается закрытым. Однако не исключено, что большинство из них ориентировано на удовлетворение нужд оборонно-промышленного комплекса. Наибольший интерес у китайских военных вызывают микрочипы, способные повышать живучесть личного состава при применении противником оружия массового поражения.

Россия

В России первые наноразработки тоже были связаны с оружием, но долгое время они оставались теоретическими. В 90-е годы, когда сворачивались фундаментальные исследования, наноразработки были приостановлены. Недавно принятая государственная программа развития нанотехнологий предусматривает так называемый французский вариант внедрения — за счет создания государственных корпораций (в отличие от американского, где ставка сделана на частный бизнес). Мозговым и управляющим центром отечественных исследований в новой области станет корпорация «Роснанотех», которая по капитализации, как обещает первый вице-премьер Сергей Иванов, может превзойти «Газпром». Представители наноцентров Московского энергетического института и Российского научного центра «Курчатовский институт» не скрывают: вектор развития нанотехнологий — оборона. Среди других приоритетов — охрана государственной границы, защита от техногенных катастроф.

Основными направлениями исследований российских ученых являются создание высокопрочных материалов (в частности, «жидкая броня»), мощных энергоисточников («аморфный кремний»), невидимых и меняющих цвет нанообъектов, наноматериалов для униформы военнослужащих, новой защиты от оружия массового поражения и других.

Российские специалисты провели ряд системных исследований и базовых разработок ключевых технологий военной робототехники. Это позволило создать ряд экспериментальных и действующих образцов роботизированных систем и комплексов военного назначения. Как заявил главком Сухопутных войск Алексей Маслов, создание безэкипажных мобильных боевых и обеспечивающих робототехнических комплексов — одно из ключевых и перспективных направлений развития средств вооруженной борьбы.

Исследования проводятся в рамках комплексной целевой программы. Роботизированными комплексами различного назначения планируется оснастить мотострелковые и танковые соединения Сухопутных войск. В итоге сократится численность боевых расчетов, снизится неблагоприятное влияние человеческого фактора в боевых условиях.

Заключение

Так что же ждет нас в будущем? Вот что говорит об этом великий провидец Герцен: «Будущее вне политики, будущее носится над хаосом всех политических и социальных стремлений и возьмет из них нитки в свою новую ткань, из которой выйдут саван прошедшему и пеленки новорожденному». Что же имел Герцен в виду, говоря о «нитках» и «ткани» для савана прошедшему и пеленок будущему? Может быть о нынешних информационных технологиях?

Сегодня каждый ощущает ускорение смены социально-технологических эпох. Так, за последние 30 лет было создано до 90% из всего научно-технического потенциала нашей цивилизации. В середине-конце XXI века человечество ждут кардинальные изменения. Мы находимся в точке истории, где уже заметно, что развитие идет по экспоненте.

Техногенная цивилизация стремительно раскрутила маховик прогресса. Великие научные открытия, ускоренное развитие техники радикально изменили предметную среду, образ и ритм жизни человека, социальные коммуникации и институты, систему взаимоотношений между людьми. Наука предстает как генератор новых технологий. В основе большинства из них, радикально изменивших облик цивилизации (электричество, лазеры, компьютеры, ядерная энергетика и т.д.), лежат фундаментальные научные исследования. Происходит революция в образовании: фундаментальные научные знания становятся его основанием.

Научно-техническое и экономическое развитие дали человечеству множество благ: повысили качество жизни, обеспечили рост потребления, подняли медицину на принципиально новый уровень, увеличили среднюю продолжительность жизни и т.д. Казалось бы, созидательные возможности прогресса безграничны. Еще полвека назад мало кто мог предположить, что именно техногенная цивилизация приведет человечество к глобальным катастрофам, поставит его буквально на грань самоуничтожения.

Экологический и антропологический кризисы, возрастающее отчуждение между людьми, изобретение все новых средств массового уничтожения, грозящих гибелью всему живому — таковы побочные продукты техногенного развития. Можно ли при существующей системе ценностей найти выход из создавшейся ситуации?

В современных философских и социальных исследованиях уже не раз высказывалась мысль о необходимости изменить взгляд на природу как на объект и ресурс для преобразующей деятельности человека. В частности, подобные идеи неоднократно высказывались членами Римского клуба. Наиболее радикальные направления экологической этики провозглашают отказ от идеала господства человека над природой. Все эти умонастроения говорят о том, что на пороге постиндустриального этапа техногенной цивилизации ставятся под вопрос ее предшествующие ценностные установки.

В XXI веке геополитика будет несомненно находиться под сильным влиянием процессов становления общества знания и претерпевать серьезные изменения, т.к. знания и информация превращаются во все большей степени в стратегические ресурсы, что подтверждается расширением в последние десятилетия секретности в производственной сфере в наиболее промышленно-развитых странах. Важнейшей политической задачей в обществе знания станет, в этой связи, именно борьба за до-

ступ к когнитивным ресурсам. Знания могут в одинаковой мере приносить добро или зло, служить созиданию или использоваться для разрушения. Сказанное не значит, что польза прогресса ставится под сомнение. Речь идет о необходимость задуматься в некоторых случаях о самой рациональности использования человеком результатов научных исследований. В условиях существования такой ценностной нейтральности знаний нам как никогда необходимо учитывать этические и политическое аспекты сознания в обществе знания.

Общество знания столкнется с ростом неопределенности будущего человечества и планеты.

Бывший Генеральный директор ЮНЕСКО Федерико Майор Сарагоса (1987-1999 гг.) подчеркивал: «Никогда еще конфликт между наукой и совестью, техникой и этикой не достигал таких масштабов, не превращался в угрозу всему миру... Все зависит от того, как использовать научные знания».

Сейчас формируется новая цивилизация с новыми социальными отношениями и типом культуры. Это более серьезное событие, чем появление «аграрной культуры» и научно-технической культуры или культуры техногенной цивилизации. Мир неудержимо стремится к новым ценностям и технологиям, новым геополитическим отношениям, новым стилям жизни и формам коммуникации. Бурная динамика социокультурных процессов вызвана новыми интересами и человека, и человечества, она непосредственно связана с дальнейшим развитием человека, с формированием новых потребностей, с расширением горизонтов деятельности и познания. Ведь человек является системообразующим фактором социокультурной эволюции, находится в центре развития разнообразных форм и сфер культуры. Задача состоит в осмыслении тех новых возможностей, которые связаны с кардинальной трансформацией природы человека, что, в свою очередь требует переосмысления норм, ценностей и идеалов современной культуры.

В современной науке, которая представляет собой специализированную сферу культуры, наметилась новая технократическая волна, обусловленная бурным развитием микроэлектроники, информатики, космической промышленности, генной инженерии. Человек все чаще ощущает себя пленником случайностей, заложником технологии — атомной, химической, компьютерной, генной.

С развитием техногенной цивилизации ускоряется обновление искусственно созданной человеком для своей жизнедеятельности предметной среды (или, как говорят, «неорганического тела человека», «второй природы человека»). Это, в свою очередь, способствует росту динамики социальных связей, относительно быстрой трансформации стилей жизни и мышления, формированию новых социокультурных образцов и ценностей.

Познание природы, новые открытия и изобретения привели не только к радикальному повышению производительности труда, улучшению качества жизни, но одновременно и к созданию новых поражающих средств, в том числе опасных для самого существования человечества. Анализ истории показывает, что мы слишком несовершенны, чтобы гарантированно справиться с разрушительными силами, которыми владеем сейчас. К тому же прогресс науки и технологии в ближайшие десятки лет обещает принести новые открытия, результаты которых могут оказаться еще более опасными. Наука всегда опережает жизнь, ритм которой определяется традициями права и морали, а также обычаями повседневности.

Грозные опасности могут вызвать открытия в области генной инженерии. Многие сильно обеспокоены перспективами свободной манипуляции генами, деятельностью исследователей, вмешивающихся в генный пул человека с целью модификации его свойств и т. д. Генная инженерия может радикально изменить жизнь людей, что вызывает у одних надежды и радость, у других — ужас и пессимизм в отношении биологического и культурного будущего человечества. В конечном счете, проблемы генной инженерии растений и животных неразрывно связаны с проблемой человека, чьи возможности, перспективы развития, способы научного познания находятся в

центре внимания мировой философии. Ведь под вопросом оказывается само существование людей.

Генная инженерия совершает кардинальные изменения в наших представлениях о происхождении и эволюции жизни, однако возникающие в ходе их развития проблемы выходят за рамки биологии и медицины, они затрагивают сферы права и морали, приобретают совершенно иное измерение.

Все живые земные организмы используют один и тот же генетический код при биосинтезе белка (является основой жизни), следовательно, можно связать между собой частицы ДНК весьма разных организмов, например человека с растениями или животными и пр. На этом элементарном уровне жизни возможны самые неожиданные комбинации, которые могут быть направлены против человека: выращивание искусственных гибридов (наделенных соответствующими свойствами и чертами) для военных нужд, что может привести к неисчислимым социальным бедствиям. Именно в генах содержится вся информация, относящаяся к биологической структуре клеток и целостности организмов.

Хотя генетику и объявляли лженаукой, но она оказалась права. Как известно, все признаки живых организмов и растений определяются генами. Внешний вид, строение каждого органа, манера поведения, предельная длительность жизни и прочие свойства любого организма заложены в программе, содержащейся в каждой клетке. Эта программа представляет собой молекулу ДНК — скрученную двойным жгутом гигантскую спиральную молекулу, состоящую из четырех различных элементов — нуклеотидов, повторяющихся в различном порядке. Так, в молекуле ДНК человека содержатся десятки тысяч генов, состоящих примерно из 3,5 миллиардов пар нуклеотидов; каждый ген кодирует одно из свойств организма. Стало возможным подтвердить или опровергнуть принадлежность клеток к данному организму (используется в судебной экспертизе), воссоздать на их основе организм полностью (клонирование).

Изучается предрасположенность к наследственным и другим заболеваниям. Появляется возможность генной терапии, изменения свойств организмов в нужном направлении, пересадки генов из одного организма в другой. Создаются новые организмы, сочетающие в себе свойства животных и растений. Целью таких работ является создание более урожайных сельскохозяйственных культур, увеличение срока хранения, повышение устойчивости к пестицидам, получение более питательных продуктов. В ряде стран разрешены производство и продажа культур с генетическими изменениями. Практически открыт путь в обход естественной эволюции конструировать необычайные существа — от весьма полезных до поражающих воображение монстров. Эффективный инструмент получают и разработчики биологического оружия.

Удастся ли жить вечно? Генная инженерия позволит улучшить качество жизни, очень вероятно — существенно продлить её: есть надежда найти гены, ответственные за старение организма и реконструировать их. Однако довольно сложно определить долговременные последствия генных манипуляций. При пересадке генов меняется программа организма-получателя, в его клетках начинают выделяться новые вещества, вызывающие побочные эффекты. Например, возникают токсины и аллергены. Уже известны случаи заболевания и отравления людей, воспользовавшихся недостаточно проверенными генетически изменёнными продуктами. Организмы, полученные методами генной инженерии, могут затем самостоятельно размножаться и скрещиваться с другими, природными популяциями, вызывая непредсказуемые и необратимые изменения в экосистеме Земли. Высказывается и мнение, что рискованно резко воздействовать на существующую сбалансированную экосистему с многочисленными формами жизни, которая создана за миллионы лет эволюции.

Другие проблемы возникают в связи с появляющейся реальной возможностью модифицировать геном человека. Не вызывает сомнения целесообразность устранения генов, вызывающих тяжелые наследственные заболевания. А как быть с генами, ответственными за предрасположенность к алкоголю, наркотикам, за повышенную

агрессивность? Непросто найти грань между «вредной » агрессивностью и активностью, необходимой в жизни. К тому же в проявлении генетически заложенных черт большую роль играет среда, воспитание, которые могут подавить или, наоборот, развить их.

Нарастают сложности с плохой наследственностью; статистика показывает неуклонный рост рождения неполноценных детей из-за неблагоприятной экологической обстановки, применения наркотиков и др. Но если даже технически коррекция будет возможна, то как решить этот вопрос, не бросая вызов общепринятым этическим и нравственным нормам? В будущем генная инженерия сможет ”конструировать» людей с повышенными интеллектуальными способностями или наоборот — выносливых и послушных воинов. Не поддадутся ли соблазну какие-то группы или отдельные государства осуществить такие коррекции?

Весьма сложный комплекс социальных, этических, психологических и юридических проблем, постановка и решение которых влечет за собой изменение норм, ценностей и стереотипов культуры, связан с целым спектром возможностей, созданных молекулярной биологией, генной и эмбриональной инженерией (одни возможности уже реализованы, другие находятся на стадии реальных проектов).

Нанороботы — гипотетические механизмы размером десятки и сотни нанометров, разработка которых начата не так давно. Как и роботы обычных размеров, нанороботы будут иметь самые различные конструкции и назначения: смогут двигаться, производить механические и другие операции, управляться извне или встроенными компьютерами. Они смогут собирать механизмы, создавать новые вещества; для таких устройств используют названия ассемблер (сборщик) или репликатор. Возможна настройка их на переработку или уничтожение каких-либо веществ. Венцом этого направления могут стать нанороботы, самостоятельно собирающие свои копии, т.е. практически способные к размножению.

Нанороботы размером в доли микрона, введенные в организм человека, смогут очистить его от микробов или зарождающихся раковых клеток, кровеносную систему — от отложений холестерина. Они смогут изучить, а затем и исправить характеристики тканей и клеток. Так же как молекулы ДНК при росте и размножении организмов складывают свои копии из простых молекул, плавающих в питательном растворе, — нанороботы создадут свои копии или с помощью заданной программы — макроскопические объекты.

Представляя собой мельчайшую пыль, они смогут переноситься на большие расстояния и аналогично стаям саранчи наносить вред. Нанороботы могут быть использованы для очистки окружающей среды, для создания новых видов материи — как «мёртвой”, так и «живой”. Трудно представить все возможности, которые откроются перед человечеством, если оно научится оперировать с атомами, как с винтами и гайками. Принципиально возможно изготовление «вечных» деталей механизмов из атомов углерода, выстроенных в алмазную решетку, создание молекул, редко встречающихся в природе, а также новых, сконструированных соединений, например, новых лекарств.

Однако, как почти всегда, новые открытия могут иметь и негативные последствия. Представим себе, что в устройстве, предназначенном для разборки промышленных отходов до атомов, произойдет сбой и оно начнет уничтожать полезные вещества биосферы, обеспечивающие жизнь людей. Самым неприятным окажется то, что нанороботы способны к самовоспроизводству. И тогда они станут оружием массового поражения.

Усовершенствование искусственного интеллекта происходит с нарастающим темпом. В перспективе роль транзисторов в компьютерах будут играть отдельные атомы и молекулы, и мощность компьютеров по прогнозам может возрасти в миллионы раз лет через 30. Реальным станет создание высокоорганизованных устройств, которые в большинстве интеллектуальных задач смогут принимать решения, лучшие, чем человек. Весьма логичным будет поручить им самые сложные проблемы. Это может

касаться и экономики, и политики, и социальных вопросов, и почти любой другой сферы деятельности. Уже сейчас решение многих научных, военных и других задач перепоручают компьютерам. Применение их во многих технологических, хирургических и других операциях давно уже стало нормой. Область, где они работают лучше человека (и при этом 24 часа в сутки), все время расширяется. Парадоксом является то, что наш мозг, возникший в результате эволюции в течение десятков и сотен миллионов лет, сейчас в кратчайшие сроки создаёт мыслящие устройства с намного большими возможностями.

С увеличением мощности ЭВМ, улучшением программного обеспечения человеку всё труднее будет выдерживать конкуренцию. Естественно, те группы людей — фирмы, государства и др., — которые раньше передадут управление машинам, будут выигрывать. Трудно сейчас предсказать развитие событий, но, в конце концов, вопрос может свестись к тому, как человеку сохранить контроль над машинами. Как быть с установками, управляющими производством, энергетикой, снабжением, обороной и другими общественными, государственными системами? Ведь, известно, что одним из условий хорошего командования обычно является предоставление самостоятельности тому, кто принимает решения. Отнюдь не всегда возможно объяснить правильность решения менее компетентному (в данном случае — человеку), особенно, когда это надо делать быстро. В конкурентной и военной борьбе станет рациональным передать максимум функций управляющим машинам, разумным роботам — устройствам с искусственным интеллектом, заранее позаботившись о том, чтобы сделать их более сильными и неуязвимыми.

Сейчас мы можем только пытаться представить себе тенденции развития и возможные версии будущего. Лучшим вариантом, возможно, является безмятежное существование людей, сохраняя власть над компьютерами, эксплуатируя их труд. Поддерживать высокий уровень жизни, заниматься искусством, спортом, путешествиями и т.п. Правда, не станут ли при этом машины, обладающие высоким (и постоянно нарастающим) интеллектом осуществлять какую-то свою линию, не совпадающую с интересами человека?

Высказывается и мысль, что замена человека более жизнестойкими машинами есть естественный этап эволюционного развития. Ведь всегда в природе побеждали и доминировали более сильные виды. Есть все основания предполагать, что человек может проиграть в таком соревновании, если только не пропустит момент и сумеет не выпустить джина из бутылки. Интеллект машин в наступающем веке может стать неизмеримо выше. К среде их существования не предъявляется столь жестких требований: можно обойтись и без кислорода, и вообще находиться в самой различной среде и при различном давлении, в том числе, и в вакууме. Существенно меньше требования и к допустимой интенсивности радиации, температуре, к силе тяжести и т.д., не говоря уже о том, что машинам не надо часто останавливаться для приема пищи и отдыха. Надо сказать, что подготовка помощника, который, набрав силу, тебя же и смещает — не такая уж редкая жизненная ситуация и как бы она не повторилась в макромасштабе. Если осуществится худшая версия, то спрашивается, что же будет с человеком — обойдутся ли машины с ним так же, как мы обращаемся с низшими существами (животными): используем их на вспомогательных работах, помещаем в зоопарк и т.п.? Или же машины сохранят к нему уважение, как к своему прародителю?

Правда, существует ещё один путь — создать симбиоз человека и компьютера — киборг. Ведь, нас не смущает практическое слияние человека с механическими машинами, качественно увеличивающими наши физические возможности — автомобилем, самолётом, подъёмным краном и пр. Наш интеллект уже сегодня существенно наращивают компьютеры, которыми мы управляем с помощью пультов. Так что качественно изменится, если они будут подсоединяться непосредственно к участкам мозга? Может быть таким способом снять вопрос о конкуренции человека с «умными» машинами. На животных уже давно проводят опыты по вживлению электродов в

мозг для дистанционного управления. Обсуждают вариант переноса информации из мозга человека в компьютер, чтобы сохранить сознание после смерти. Эти и другие ситуации уже не раз обсуждались в фантастических романах и не исключено, что в не очень отдаленном будущем какие-то из них осуществятся в реальной жизни.

Помимо перечисленных выше областей науки и технологии могут возникнуть и другие новые направления, которые также приведут к неожиданным, ранее неизвестным возможностям. Как это обычно и бывает, ряд разработок может быть осуществлен на стыке наук: искусственный интеллект может использоваться в нанороботах, в генетических исследованиях, в системах контроля, генная инженерия — в нанотехнологии и т.д. Существенную новую опасность некоторых высоких технологий XXI века может представлять способность к саморепликации. Разрушающий и лавинно самовоспроизводящийся объект, специально примененный или случайно оказавшийся вне контроля, станет средством массового поражения всех или избранных. Для этого не потребуются комплексы заводов, сложная организация и большие ассигнования. Угрозу будет представлять само знание: устройства, изготовленные в единичных экземплярах, будут содержать в себе всё необходимое для дальнейшего размножения, действия и даже дальнейшей эволюции — изменению своих свойств в заданном направлении.

Конечно, выше описаны вероятные, но не гарантированные варианты развития описываемых наук, хотя и можно ожидать, что каждое из направлений приведет к новым открытиям. Успехи могут радикально поднять производительность труда и способствовать решению многих существующих проблем, прежде всего, подъему уровня жизни каждого человека, освоению космоса, но в то же время и создать новые разрушительные средства.

Другая особенность новых технологий в отличие от ядерного, биологического и химического оружия, которое с самого начала разрабатывалось в правительственных лабораториях и имело военное назначение — многие новые исследования проводятся частными фирмами и имеют коммерческую направленность. Существующий порядок охраны технологических секретов делает почти невозможным контроль за ними. Если фиксировать испытания ядерного оружия удаётся благодаря сейсмическим колебаниям и радиации, то здесь потребуются проверки, подобные надзору за биологическим оружием, но в более широких масштабах. Хотя и предполагают, что может понадобиться 20–30 лет для достижения опасного уровня, но уже сейчас требуется международное рассмотрение этих вопросов как не менее важных, чем меры по противодействию уже существующему оружию.

Научный прогресс в наше время происходит так быстро, что подавляющая часть населения не успевает понять, к каким последствиям может привести (или уже привело) то или иное научное направление. Чаще это бывает доступно лишь специалистам в узкой области, да и тут всегда существуют разногласия. К тому же жажда познания, желание быть первым притупляют чувство опасности у первооткрывателя. В сложившейся на рубеже тысячелетий ситуации обществу и политикам придется тратить гораздо больше усилий на понимание происходящего, возможных перспектив и принятие мер по предотвращению потенциальных угроз.

Использованные источники

1. *Абдеев Р.Ф.* Философия информационной цивилизации. / Редакторы: Е.С. Ивашкина, В.Г. Деткова. — М.: ВЛАДОС, 1994. С. 96-97.
2. *Абрамян А., Аршинов В., Беклемышев В., Вартанов Р., Дубровский Д.* Философские проблемы развития и применения нанотехнологий. Наноиндустрия №1, 2008.
3. *Азимов А.* Выбор катастроф. — СПб.: Амфора, 2001.
4. *Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н.* «Риски в природе, техносфере, обществе и экономике». – М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
5. *Акимов В.А., Порфирьев Б.Н.* Кризисы и риск: к вопросу взаимосвязи категорий // Журнал «Проблемы анализа риска». 2004. № 1.
6. *Акимов В.А.* О концепции защиты населения от опасностей, возникающих в ходе военных действий и чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / В.А. Акимов, Н.Н. Долгин и др. // М.: Информационный сборник ЦСИ ГЗ МЧС России, 2004. № 23.
7. *Алибек К., Хендельман С.* «Осторожно биологическое оружие». — М., 2003 г.
8. *Алферов Ж.И., Копьев П.С., Сурис Р.А., Асеев А.Л., Гапонов С.В., Панов В.И., Полторацкий Э.А., Сибельдин Н.Н.* Наноматериалы и нанотехнологии // Нано- и микросистемная техника: от исследований к разработке: Сб. статей; под ред. д-ра тех. наук, проф. П.П. Мальцева. — М., 2005. С. 19.
9. *Альтман Ю.* Военные нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2006. 421 с.
10. *Астахов А.* Реалии и мифы кибертерроризма http://www.osp.ru/os/2003/05/183045/
11. *Белл Д.* Грядущее постиндустриальное общество. — М.: Академия, 1999.
12. *Блинов Н.П.* Основы биотехнологии. Для студентов институтов, аспирантов и практических работников. — Спб.: Издательская фирма «Наука», 1995. 600 с.
13. *Бобылов Ю.А.* Генетическая бомба. Тайные сценарии биотерроризма. — Белые Альвы, 2006.
14. *Бондаренко В.М.* Новый методологический подход к обоснованию концепции и стратегии построения информационного общества. Информационное общество, 2005. Вып. 3. С. 52–56.
15. *Бостром Н.* «А не живем ли мы в «Матрице»? Доказательство методом моделирования». http://alt-future.narod.ru/Future/bostrom3.htm
16. *Бостром Н.* Угрозы существованию. Анализ сценариев человеческого вымирания и связанных опасностей. http://www.proza.ru/texts/2007/04/04-210.html.
17. *Ваганов А.* Сценарии парниковой катастрофы. http://science.ng.ru/policy/2001-04-18/1_accident.html
18. *Валиев К.А., Кокин А.А.* От кванта к квантовым компьютерам // Природа. 2002. №12. С.28-36.
19. *Василенко И.А.*Политическая философия: Учебное пособие. — М.: Гардарики, 2004. 240 с.
20. *Варакин Л.Е.* Глобальное информационное общество: Критерии развития и социально-экономические аспекты. — М.: Междунар. акад. связи, 2001. 43 с.
21. *Вернор Виндж.* Технологическая Сингулярность. http://www.computerra.ru/Authors/2922/
22. *Воробьёв Ю.Л, Малинецкий Г.Г., Махутов Н.А.* Управление риском и устойчивое

развитие. Человеческое измерение. // Общественные Науки и Современность, 2000. № 6.
23. *Воробьёв Ю.Л., Локтионов Н.И., Фалеев М.И. и др.* Катастрофы и человек: книга 1. Российский опыт противодействия чрезвычайным ситуациям / Под ред. Ю.Л.Воробьева. – М.: АСТ-ЛТД, 1997.
24. *Воробьёв Ю.Л.* Безопасность жизнедеятельности (некоторые аспекты государственной политики)/МЧС России; — М.: Деловой экспресс, 2005. 376 с.
25. *Воробьёв Ю.Л.* Катастрофы и общество / Ю.Л. Воробьев, В.А. Владимиров и др. – М.: Контакт-культура, 2000.
26. *Воробьёв Ю.Л.* Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы / Ю.Л.Воробьев, В.А.Акимов, Ю.И.Соколов. – М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2003.
27. *Воробьёв Ю.Л.* Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы / Ю.Л. Воробьёв, В.А.Акимов, Ю.И.Соколов. – М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004.
28. *Воробьёв Ю.Л.* Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Ю.Л. Воробьёв, В.А.Акимов, Ю.И.Соколов. – М.: Ин-октаво, 2005.
29. *Воробьев Ю.Л.* Цунами: предупреждение и защита/ Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов // МЧС России — Н.Новгород: Вектор ТиС, 2006. 270 с.
30. *Воробьёв Ю.Л.* Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций / Ю.Л. Воробьёв. — Деловой экспресс, 2000.
31. *Воробьев Ю.Л.* Безопасность жизнедеятельности (некоторые аспекты государственной политики) / Ю.Л. Воробьев — М.: Деловой экспресс, 2005. 363 с.
32. *Воробьев Ю.Л.* Основы защиты населения и территорий в кризисных ситуациях / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева; МЧС России. — М.: Деловой экспресс, 2006. 544 с.
33. *Воронина Т.П.* Информационное общество: сущность, черты, проблемы. — М.: 1995. 111 с.
34. Высокие технологии и современная цивилизация. Материалы научной конференции. Институт философии. 1998.
35. *Гаврилов В.* Реальная война в виртуальном мире. «Труд», №161 за 1.09.2005.
36. *Голубев В.А.* Кибертерроризм — угроза национальной безопасности. http://www.crime-research.ru/articles/Golubev_Cyber_Terrorism/.
37. Декларация принципов. Построение информационного общества – глобальная задача в новом тысячелетии. Всемирная встреча на высшем уровне по вопросам информационного общества, г. Женева, 2003 — г. Тунис, 2005.
38. *Егорова Т.А., Клунова С.М., Живухина Е.А.* Основы биотехнологии. — М.: Академия, 2008.
39. *Ивков В.Г., Пермяков Е.А.* Предупреждение катастрофических последствий биотерроризма в условиях города. ПНЦ РАН.
40. *Иноземцев В.Л.* Современное постиндустриальное общество: природа, противоречия, перспективы. — М.: Логос, 2000.
41. *Иноземцев В.Л.* Концепция информационного общества // Иноземцев В.Л. Современное постиндустриальное общество: природа, противоречия, перспективы: Уч. пос. — М., 2000. С. 19-22.
42. *Гидденс Э.* Судьба, риск и безопасность // Thesis. 1994. № 5.
43. *Глазко В. Н., Глазко Г. В.* Введение в генетику. — К.: КВІЦ, 2003. С. 224–226.
44. *Глазко В.И., Чешко В.Ф.* «Опасное знание» в «обществе риска» (век генетики и биотехнологии): Монография. — Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2007. 544 с.
45. *Головин Ю.И.* Введение в нанотехнологию. — М., 2003.
46. *Гришаев В.В.* Риск и общество (Дискуссия о понятии риска и библиография). Социологический форум. — М., 2002
47. *Гулыга А.В.* Что такое постсовременность // Вопросы философии. — М., 1988. №12.

48. *Делягин М.Г.* Мировой кризис: Общая теория глобализации. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2003. С. 54–55.
49. *Джой Б.* Почему мы не нужны будущему. http://old.computerra.ru/online/firstpage/14084/for_print.html
50. *Дрекслер Э.* «Машины созидания». http://mikeai.nm.ru/russian/eoc/eoc.html
51. *Дубровский Д.И.* Сознание, мозг, искусственный интеллект. – М.: Изд. дом «Стратегия-Центр», 2007.
52. *Жданов Г.Б.* Плюсы и минусы тотальной компьютеризации. «Высокие технологи и современная цивилизация». Материалы конференции. — М., 2000.
53. *Ильин И.П.* Постмодернизм от истоков до конца столетия. — М., 1998.
54. *Иноземцев В.Л.* Современный постмодернизм: конец социального или вырождение социологии // Вопросы философии. — М., 1998. №9.
55. Итоги науки и техники: физические и математические модели нейронных сетей. — М.: Изд. ВИНИТИ, 1990. Т. 1.
56. *Калин А.* Электронные коммуникации в обществе знаний // Промышленные ведомости» № 8–9, август, сентябрь 2008.
57. *Калин А.* Перспективы телевещания в обществе вездесущих сетей. Broadcasting. // Телевидение и радиовещание, 2006. № 4.
58. *Кастельс М.* Информационная эпоха: экономика, общество и культура. — М., 2000.
59. *Костюк В.Н.* Теория эволюции и социоэкономические процессы. — М.: УРСС. 2001.
60. *Кудрин Р.* Создание искусственного интеллекта // Компьютерра, № 21 от 14 июля 2003 года.
61. *Кузнецов М.М.* Виртуальная реальность: взгляд с точки зрения философа // Виртуальная реальность: Философские и психологические аспекты. — М., 1997.
62. *Кулькова Е.П.* «Социальные последствия внедрения нанотехнологии». — Ростов-на-Дону: Антей, 2007.
63. *Лем Л.* Сумма технологии. — М.: Мир, 1968.
64. *Лем С.* «Системы оружия двадцать первого века или Эволюция вверх ногами». http://bio.fizteh.ru/student/diff_articles/weapon_xxi.html.
65. *Лучинин В.В.* Введение в индустрию наносистем. – Нано- и микросистемная техника, 2007. №8 (85). С. 2–7.
66. *Лучинин В.В.* Индустрия наносистем. Системный подход. Дополнение №3 к книге Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. 3 изд-е. – М.: Техносфера, 2007. С. 346–375.
67. *Лукьянец В.* Нанотехнологии и их роль в судьбе цивилизации. http://valeo-future.narod.ru/nano.htm
68. *Малинецкий Г.Г. и др.* «Управление риском. Риск. Устойчивое развитие. Синергетика». http://www.keldysh.ru/papers/2003/source/book/gmalin/titul.htm
69. *Мартин У. Дж.* Информационное общество // Теория и практика общественно-научной информации. Ежеквартальник / АН СССР. ИНИОН.
70. *Медведев Д.* «NBIC конвергенция». http://www.transhumanism-russia.ru/content/view/317/116/
71. *Мельянцев В.А.* Информационная революция – феномен «новой экономики» // Мировая экономика и международные отношения. 2001. № 2. С. 3–10.
72. *Моисеев Н.Н.* С мыслями о будущем России. М, 1997. С. 144—145.
73. *Моисеев Н.Н.* Судьба цивилизации. Путь Разума. — М.: Языки рус. культуры, 2000. 224 с.
74. Мониторинг информационного общества и обществ знаний. Институт статистики ЮНЕСКО, Монреаль / Издание на русском языке подготовлено Е.И. Кузьминым и В.Р. Фирсовым. — Спб., 2004.
75. *Мостинская А.* Третья цивилизация // В мире науки, 2005. № 7.

76. *Назаретян А.П.* Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории (Синергетика – психология – прогнозирование). Пособие для вузов http://macroevolution.narod.ru/nazaretyan03.htm
77. *Назаретян А.П.* Цивилизационные кризисы в контексте универсальной истории. — М., 2001. С. 191—194.
78. «Нанотехнологии — это ворота, открывающиеся в иной мир» // Интернет-журнал «Известия науки», 20.02.2007.
79. Нанотехнология в ближайшем десятилетии / Под ред. М.К.Роко, http://www.proza.ru/texts/2007/04/11-348.html)
80. *Носов Н.А.* Виртуальные и компьютерные технологии и культура. «Высокие технологии и современная цивилизация». Материалы конференции. — М., 2000.
81. *Назаретян А.П.* Интеллект во Вселенной: истоки, становление, перспективы.
82. *Немиц В.Ф., В.А. Суханов В.А.* «Биологический терроризм и пути его предупреждения». — М. Охрана, № 3, 2006 г.
83. *Бостром Н.* Сколько осталось до суперинтеллекта? http://mikeai.nm.ru/russian/superint.html
84. Очерки междисциплинарной теории прогресса. — М.: Недра, 1991.
85. *Овчинский В.С.* «Криминология и биотехнологии». — М., 2005 г.
86. *Панов А.Д.* «Кризис планетарного цикла Универсальной истории и возможная роль программы SETI в посткризисном развитии» http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/articles/krizis.html
87. *Парсонс Т.* Система современных обществ. — М.: Аспект Пресс, 1997.
88. *Переслегин С., Столяров А.* «Научно-обоснованный конец света» http://okh.nm.ru/materials/Pereslegin/Per_EndOfTime.htm
89. *Попова Т.Е.* Развитие высоких технологий в России». В сб.: «История науки и техники: проблемы и перспективы». — М., 1995. С. 109.
90. *Попкова Н.В.* Техносферные начала в общественном развитии: анализ современных философских идей. — Брянск, 2002. С. 97–100.
91. Прикладные аспекты нанотехнологий. – Наноиндустрия, 2007, № 2, с. 16–23.
92. *Ратнер М., Ратнер Д.* Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи. — М.; СПб., 2007. С. 212.
93. *Рис М.* Наш последний час. Предостережение ученого: как терроризм, ошибки и разрушения окружающей среды угрожают будущему человечества, Земле и окружающему ее космосу. — Нью-Йорк, 2003. 228 с.
94. *Розин В.М.* Виртуальная реальность как форма современного дискурса // Виртуальная реальность: Философские и психологические аспекты. М., 1997.
95. *Роко М.* Перспективы развития нанотехнологии: национальные программы, проблемы образования // Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI. № 5.
96. *Рыбалкина М.А.* Нанотехнологии для всех. — М.: Эдиториал УРСС, 2005.
97. *Сибата Ю.* «Насколько безопасны нанотехнологии?» // InoPressa, 04.07.2007.
98. *Сорокин П.* Человек. Цивилизация. Общество. — М., 1992. С. 429.
99. *Спирин А.С.* Современная биология и биологическая безопасность // Вестник РАН. 1997. № 7.
100. Статьи и материалы к заседанию Совета Федерации Российской Федерации «О национальной доктрины развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий». Аналитический сборник. http://www.council.gov.ru/index.html
101. *Степин В.С., Кузнецова Л.Ф.* Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. — М., 1994. 274 с.
102. *Степин В.С.* Эпоха перемен и сценарии будущего. Избранная социально-философская публицистика. — М., 1996.
103. *Стивен А. Хилдрет.* Кибертерроризм http://www.bigpi.biysk.ru/aaa/BCE/information/BT-1028.htm

104. *Тапскотт Д.* Электронно-цифровое общество: Плюсы и минусы эпохи сетевого интеллекта/ Пер.с анг. Игоря Дубинского. Под ред. Сергея Писарева. — Киев: – INT Пресс; М.: Релф. бук, 1999. 432 с.
105. *Тегмарк М., Бостром Н.* Насколько невероятна катастрофа судного дня?
106. *Тейяр де Шарден П.* Феномен человека. — М., 1987.
107. Техногенное общество (техногенная цивилизация) // Глобалистика: энциклопедия / гл. ред. П.П. Мазур, А.Н. Чумаков. — М., 2003. С. 1000–1001.
108. *Тойнби А. Дж.* Постижение истории. Сборник. — М., 1991.
109. *Тоффлер Э.* Шок будущего. — М.: АСТ, 2002.
110. *Трефилов В.И., Щур Д.В., Тарасов Б.П. и др.* Фуллерены — основа материалов будущего. — К., 2001.
111. *Тропина Т.* Киберпреступность и кибертерроризм. http://www.phreaking.ru/showpage.php?pageid=54233
112. Тунисское обязательство, принятое на Всемирной встрече на высшем уровне по вопросам информационного общества (Тунисский этап) 18 ноября 2005 года
113. *Бек У.* Общество риска. На пути к другому модерну. — М.: Прогресс-Традиция, 2000.
114. *Уорвик К.* «Наступление машин. Почему миром будет править новое поколение роботов». Авторизованный перевод с англ. Е.В. Кокуриной. — М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. 240 с.
115. Федеральная целевая программа «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010».
116. Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
117. *Филиппов А.Ф.* «Общество риска» как политический трактат по фундаментальной социологии // Послесл. к кн. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну. — М.: Прогресс-Традиция, 2000. С. 336–381.
118. *Фукуяма Ф.* Великий разрыв / Пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. — М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. 474 с.
119. *Фукуяма Ф.* Наше постчеловеческое будущее. Последствия биотехнологической революции. Издательство АСТ, ЛЮКС, 2004.
120. *Фукуяма Ф.* Конец истории и последний человек / Пер. с англ. М.Б.Левина. По изданию ООО «Издательство АСТ», 2004.
121. *Фукуяма Ф.* Конец истории? // Вопросы философии. 1990. № 3.
122. *Хабермас Ю.* Будущее человеческой природы. Пер. с нем. — М.: Весь мир, 2003. 144 с.
123. *Чешко В. Ф., Кулиниченко В. Л.* Наука, этика, политика: Социокультурные аспекты современной генетики. — К.: ПАРАПАН, 2004. 228 с.
124. *Хорос В.* Постиндустриальный мир — надежды и опасения // МЭиМО. 1998. №12.
125. *Цвылев Р.И.* Постиндустриальное развитие. — М., 1996.
126. *Чернов А.* Становление глобального информационного общества. Проблемы и перспективы. — М.: Дашков и К°, 2003, 232 с.
127. *Юдковски Э.* «Искусственный интеллект как позитивный и негативный фактор глобального риска». http://www.proza.ru/texts/2007/03/22-285.html
128. *Юдковски Э.* «Систематические ошибки в рассуждениях, потенциально влияющие на оценку глобальных рисков». http://www.proza.ru/texts/2007/03/08-62.html
129. *Яковец Ю.В.* История цивилизаций. М.: Владос, 1997.
130. *Яницкий О.Н.* Россия: риски и опасности переходного общества. — М.: Институт социологии РАН, 1998.
131. *Яницкий О.Н.* Модернизация в России в свете концепции общества риска // Куда

идет Россия?.. Общее и особенное в современном развитии. — М.: ТОО Остожье, 1997.
132. *Яницкий О.Н.* Россия как общество риска: методология анализа и контуры концепции // Общественные науки и современность. 2004. № 2. С. 5–15.
133. *Яницкий О.Н.* Экологическая политика в «обществе всеобщего риска // Евразия. Природа и люди, № 2–3 (39-40), 1997.
134. *Ясперс К.* Смысл и назначение истории. — М.: Политиздат, 1991.
135. Сайт Российского трансгуманистического движения. http://www.transhumanism-russia.ru/
136. Сайт общества биотехнологов России. http://www.biorosinfo.ru/about/docs/
137. http://www.biotechnolog.ru/
138. Сайт лаборатории «Искусственный интеллект». http://lii.newmail.ru/
139. Сайт о нанотехнологиях в России. http://www.nanonewsnet.ru/

Научно-популярное издание

Ю.И. Соколов

Риски высоких технологий

Подписано в печать 25.06.2009 г. Формат 70X100 1/16.
Объем 19,5 п. л. Тираж 1000 экз.

Отпечатано в Санкт-Петербургском Университете государственной противопожарной службы
МЧС России, 2009 г.