

«лотос-эффект». Идея позаимствована у природы: у растения лотос листья покрыты мельчайшими восковыми выпуклостями и впадинами, так что вода стекает по ним, полностью смывая грязь.

Миниатюризация – явление, которое характерно для многих отраслей современного прогресса. Мы видим, что большинство приборов, гаджетов, профессиональных инструментов и т. д. становится компактнее и удобнее. Для ИТ миниатюризация наиболее очевидна. Современные процессоры состоят более чем из миллиарда транзисторов, но наноразмерные устройства смогут увеличить это число еще в 1000 раз. В настоящее время идет гонка в отношении уменьшения размерности технологического процесса для производства полупроводников и чипов, измеряемого в нанометрах. Некоторые изготовители перешли уже к техпроцессу в 45, 32, 28 нанометров. Компания Intel использует для планшетов и смартфонов 32 нм техпроцесс, а компания Qualcomm для производства чипов – 28 нм техпроцесс. Компания Intel начинает осваивать уже 22 нм техпроцесс. За последние десять лет размерность технологических процессов снизилась примерно втрое (с 90 нм до 32 нм). Объявляются планы о достижении в течение ближайших лет размерности до 7 или даже 5 нм. Удается ли это и можно ли благодаря такому понижению размерности добиться создания принципиально нового поколения компьютеров, пока неясно.

Нанотехнологии, энергоэффективность и экономия. Многие ИТ направлены на сокращение затрачиваемой энергии, а также на создание альтернативных источников энергии. Так, снижение размерности техпроцесса в процессорах не только увеличивает быстродействие электронных устройств и плотность размещения элементов на чипе, но и уменьшает потребление ими энергии. А, например, «умное остекление» помещений способно реагировать на изменение в освещенности и температуре окружающей среды соответствующим изменением прозрачности и теплопроводности. Есть много различных проектов такой экономии. Так, широкое применение электронной бумаги многократного пользования могло бы сократить уничтожение лесов. Китайские ученые создали систему, которая может вырабатывать электричество, разлагая органические вещества, одновременно с этим очищая от органических соединений сточные воды. Янбяо Лю (Yanbiao Liu) с коллегами разработал фотокаталитическую топливную ячейку на основе нанотрубок, которая, используя энергию солнечного света, разрушает содержащиеся в сточных водах органические соединения и конвертирует химическую энергию в электрическую.

Нанотехнологии уже активно применяют в сельском хозяйстве, в частности в изготовлении кормов, что позволяет значительно снизить их расход и обеспечить лучшую усвояемость. В растениеводстве применение нанопорошков, совмещенных с антибактериальными компонентами, обеспечивает повышение устойчивости к неблагоприятным погодным условиям и приводит к повышению урожайности многих продовольственных культур, например картофеля, зерновых, овощных и плодово-ягодных.

4.5. Прогнозы

4.5.1. Окончание модернизационной фазы

Эйфория от возможностей нанотехнологий. Первый этап развития нанотехнологий (2000–2005 гг.) аналитики связывали с так называемыми «пассивными наноструктурами» (инкрементными нанотехнологиями), но в основном он характеризовался производством и применением нанодисперсных порошков. В целях модифицирования свойств базовых материалов их вводили в самые различные конструкционные материалы: металлы и сплавы, полимеры, керамику, а также в косметику, лекарства и т. д. В настоящее время это достаточно примитивное поколение наноматериалов уже широко освоено производством, и их можно обнаружить во многих товарах. Однако лишь немногие наноразработки нашли применение в высокотехнологичных отраслях промышленности.

Перспективы, которые открываются при возможности использования нанотехнологий, подогреваемые определенными интересами и СМИ, вызвали эйфорию прогнозов, большинству из которых явно не суждено сбыться.

Приведем некоторые из них. Согласно прогнозам Министерства торговли Великобритании, к 2015 г. спрос на нанотехнологии составит не менее 1 трлн долларов в год, а численность специалистов, занятых в данной отрасли, вырастет до 2 млн человек. Применение нанотехнологий в косметологии будет быстро нарастать и, по оценке основателя консалтинговой компании в области нанотехнологий SMP Scientifica Тима Харпера, уже к 2012 г. общий оборот рынка нанотехнологической фармацевтики составит около 3,2 трлн долларов США (Балабанов 2010). По мнению руководства фирмы Lux Research, к 2014 г. доля оборота нанотехнологий в медицинской продукции составит 16 %. К 2014 г. значительно повысится роль нанобиотехнологий в фармацевтической промышленности (до 23 %) и косметической отрасли (Там же).

Появление такого рода прогнозов вполне естественно. Людям хочется, чтобы инновации появлялись и внедрялись быстрее, в то же время они не замечают огромных трудностей на этом пути и не принимают в расчет экономические кризисы, которые меняют планы.

Ряд аналитиков предполагает, что уже к 2015 г. нанотехнологии будут применяться очень широко и появятся комплексы наносистем, а после 2020 г. откроется эпоха «радикальных наносистем» в виде нанороботов и др. На данном этапе произойдет развитие нанобиотехнологических и наномедицинских систем, которые существенно изменят жизнь человека, прежде всего значительно увеличив ее продолжительность. Однако теория производственных революций предсказывает, что хотя на модернизационной фазе и возникает множество инноваций, они в основной своей массе не являются столь прорывными – скорее развивающимися и улуч-

шающими, а многие вообще оказываются маловостребованными²². Одновременно готовятся открытия, которые станут основой для прорыва. Но прорыв произойдет позже. В отношении нанотехнологий он, скорее всего, придется на 2030–2050-е гг. Успехи нанотехнологий, которые ряд исследователей относит к 2020-м гг., таким образом, будут иметь место (но, конечно, далеко не все из них) на одно – три десятилетия позже. Тем не менее и в ближайшие десятилетия получат развитие различные уже опробованные сегодня достижения в разных областях, в том числе в сельском хозяйстве. В частности, в настоящее время создаются микробные препараты на основе ассоциативных, эндофитных и симбиотических бактерий. Эти препараты предназначены для использования в качестве продуцентов и транспортеров в растениях различных ферментов и низкомолекулярных биологических активных веществ (нанообъектов). Последние способны улучшать адаптацию растений к неблагоприятным факторам среды: загрязнению токсичными металлами, засолению, повышенной кислотности и т. д. Принципиально разработан комплексный подход к процессу получения высококачественного посевного материала. Он состоит в том, что биологически активные и фитосанитарные компоненты, предназначенные для повышения адаптации семян и растений к реальным негативным условиям окружающей среды, конструируются в виде полифункциональных наночипов.

Таким образом, НТ постепенно будут становиться неотъемлемой частью производственных процессов и жизни человека в целом.

4.5.2. Нанотехнологии как составная часть прорыва в завершающей фазе кибернетической революции

В будущем развитии НТ прослеживаются все характеристики кибернетической революции: создание технологий управляемых систем (в которых нанороботы самостоятельно или как часть более сложной технологии будут играть важную роль), производство новых материалов, экономия материалов и энергии (путем, например, доставки минимальных порций лекарства непосредственно в пораженную область или даже в отдельные клетки), миниатюризация, точечность действий и т. д.

Связь с медициной: большие потенциалы. Несмотря на серьезные успехи НТ в электронике и других отраслях, настоящая революция нанотехнологии, скорее всего, произойдет сначала в медицине, что даст дополнительный толчок к развитию в других областях. В итоге прорыв в завершающей фазе кибернетической революции будет обеспечен объединением медицины с биотехнологиями и нанотехнологиями, на основе чего возникнут различные технологии управляемых систем. Отдельные на-

²² Вспомним, сколько удивительных машин, в том числе даже вычислительных, было изобретено в XVII–XVIII вв., но очень многие из них либо вообще не были созданы, либо были произведены в единичных экземплярах.

правления слияния этих отраслей мы уже рассматривали в предыдущих разделах. В целом перспективы такого слияния видны уже сегодня. Так, по некоторым прогнозам, химерные нанобиоструктуры (способные транспонировать по организму медицинские нанодатчики, лекарственные препараты и даже ремонтные клетки) будут разработаны в ближайшие 10–12 лет и уже через 15 лет войдут в повседневную практику. Но вполне вероятно, что это произойдет несколько позже. Несомненно, что важным направлением развития нанотехнологий станет активное использование их в диагностике и создании искусственного иммунитета (этот опыт уже имеется и в настоящее время). В Институте молекулярной биологии им. В. А. Энгельгарта РАН на базе нанотехнологий создан биочип, позволяющий за несколько часов диагностировать ряд опасных заболеваний, к которым относится, например, туберкулез. Очень перспективным будет развитие нанотехнологий при создании материалов, имитирующих свойства биологических, например костную ткань. С помощью нанотехнологий уже производят такие операции, как нанонейровязание разорванного глазного тракта, имплантация протезов с высокой точностью, кардиохирургические и т. д.

Одно из направлений, на котором сконцентрированы огромные усилия нанотехнологии, – борьба с раком. Например, Институт рака в США выделил на эти исследования 150 млн долларов.

Можно прогнозировать, что лечение рака станет возможным, как только найдется способ точечного воздействия на определенный слой клеток в любом месте организма. Однако не исключено, что рак победят, не уничтожая сами раковые клетки, а с помощью метода борьбы с метастазами. Работы здесь ведутся по разным направлениям. Возможно, подсказку даст сам организм. Установлено, например, что в тканях сердца метастазы не возникают: очевидно, существуют механизмы защиты, которые еще предстоит понять (Marx 2013).

Вот несколько примеров новых направлений борьбы с онкологией, основанных на нанотехнологиях.

Например, разрабатывается система лечения раковой опухоли на основе нагревания наноразмерных частиц оксида железа, которые вводят в больную ткань и воздействуют магнитным полем, в результате чего частицы нагреваются и разрушают клетки. Пока этот метод проходит стадию клинических испытаний, однако продолжительность жизни больных, прошедших курс, значительно превышала сроки, предполагаемые врачами. Проблема в данном методе – точное введение частиц оксида железа в клетку опухоли.

Директор Лаборатории нанофотоники, профессор Университета Райса в Хьюстоне Наоме Халас и Питер Нордлендер создали новый класс наночастиц с уникальными оптическими свойствами – наногильзы. Имея диа-

метр в 20 раз меньше, чем у красных кровяных телец (эритроцитов), они свободно перемещаются по кровяной системе. К поверхности гильз особым образом прикрепляются специальные белки – антитела, поражающие раковые клетки. Через несколько часов после их введения организм облучают инфракрасным светом, который наногильзы преобразуют в тепловую энергию. Эта энергия разрушает раковые клетки, причем соседние здоровые клетки при этом почти не повреждаются.

Важное направление исследований в области лечения онкологии – автоматическое «умное» попадание наночастиц в пораженные раком клетки. Например, только миллионная доля революционного вещества для борьбы с онкологическими заболеваниями – герцептина, ставшего спасением для значительного числа больных раком молочной железы, опадает в большую клетку, все остальное поражает здоровые ткани. Группа американских ученых изобрела специальную модель капсулы из пористого кремния, в которую помещаются препараты и адресно отправляются в большую клетку. Сейчас эта методика также проходит клинические испытания. Ученый из США Марк Дэвис изобрел специальный модуль, который напоминает по составу сахар и поэтому не отторгается организмом и не выводится. Лекарство помещается в данный модуль и может храниться в организме неделю. Оно ищет опухоль по кровеносной системе. Раковые клетки более кислые, чем обычные, и, находя такие клетки, капсула раскрывается и выпускает сильное лекарство. Подобное лечение прошел больной на последней стадии рака поджелудочной железы, на стадии метастаз. Он живет до сих пор и даже не облысел, как после применения химиотерапии.

Будущее направление медицины – развитие методов диагностики и их удешевление. Важную роль здесь могут сыграть наночипы, о которых мы уже говорили. Начнут применяться нанороботы, которые будут не только выполнять лечебные функции, но и смогут доставлять питание непосредственно к клеткам человека и выводить продукты жизнедеятельности. Нанороботы могут использоваться для решения широкого круга задач, включая диагностику и лечение болезней, борьбу со старением, для перестройки некоторых частей организма человека, изготовления различных сверхпрочных конструкций (Балабанов 2010).

Понятно, что часть многообещающих технологий, на которые сегодня опирается прогнозирование, в дальнейшем окажутся не столь успешными. Но нет никакого сомнения, что использование наноматериалов, нанороботов, пригодных для исследования, и других нанотехнологий создадут важные предпосылки для будущей эпохи управляемых систем в области медицины.

Связь с биотехнологиями и сельским хозяйством. Другое важное направление НТ – исследования в области применения нанобиотехнологий. К ним относятся технологии по направленному белковому синтезу

для получения пептидов с желаемыми иммуногенными свойствами. Создаются векторные системы для клонирования иммунологически значимых белков возбудителей болезней и вакцины нового поколения, обладающие высокой активностью и безопасностью. Ведутся исследования по получению наночастиц генно-инженерных протеинов, разработке биочипов и тест-систем для биологического скрининга, иммунологического мониторинга и прогнозирования опасных и экономически значимых инфекционных заболеваний животных.

Можно предположить, что с помощью НТ и использования роботов разработка и применение биотехнологий существенно продвинутся в направлении создания саморегулируемых систем ведения сельского хозяйства, где сельскохозяйственные операции будут осуществляться в значительной мере в автономном режиме. Возникнет множество технологий, способствующих этому. Так, внедрение мембранных систем очистки, а также специальных биоцидных покрытий и материалов на основе серебра будут способствовать упрощению и повышению уровня содержания сельскохозяйственных животных и обеспечению их качественной водой. Предполагается, что применение нанотехнологий позволит изменить технику возделывания земель за счет использования наносенсоров, нанопестицидов и системы децентрализованной очистки воды. Нанотехнологии сделают возможным лечение растений на генном уровне, позволят создать высокоурожайные сорта, особо стойкие к неблагоприятным условиям (Балабанов 2010).

Различные перспективы применения нанотехнологий в кибернетической революции и на зрелых этапах научно-кибернетического принципа производства. Перспектив у нанотехнологий много. Получат развитие компоненты нанoeлектроники, фотоники, нейроэлектронных интерфейсов и нанoeлектромеханических систем. Затем на базе полученных результатов планируется осуществить переход к управляемой самосборке наносистем, созданию трехмерных сетей, нанороботов и т. д. Говорят также об использовании молекулярных устройств, атомном дизайне и т. д. Особенно заманчивые перспективы видятся в развитии наномеханики, наномашиностроения и наноробототехники.

Уже довольно давно возникла идея компьютеров, где создание и хранение информации осуществляется не посредством особого состояния среды (магнитной, электрической, оптической), а с помощью нанотехнологий, например замены кремния, основного сегодня материала в производстве полупроводниковых устройств, на углеродные нанотрубки. В этом случае 1 бит информации может быть записан в виде скопления, например, 100 атомов. Это на порядки уменьшило бы размеры процессоров или принципиально увеличило их быстродействие. В настоящее время число транзисторов в процессоре достигло 1 млрд и более. Однако еще несколько лет назад говорилось о цели создания к 2010-м гг. процессора с более чем одним триллионом транзисторов (что привело бы к радикаль-

ному росту возможностей ИКТ). Скорее всего, пока это малореальная задача, чтобы решить ее даже в 2020-е гг., до начала завершающей фазы кибернетической революции²³. Думается, приближение к этому уровню произойдет позже, уже в процессе развития этой фазы (это также открывало бы широкую нишу полной замены информационно-компьютерной техники в связи с переходом от использования кремния к наноматериалам).

Однако не исключено, что самые малые компьютеры создадут на принципиально другой базе. По Э. Дрекслеру, такой базой может стать не наноэлектроника, а наномеханика. Им предложены механические конструкции для основных компонентов нанокomпьютера – ячеек памяти, логических байтов. Основными их компонентами являются вдвигаемые и выдвигаемые стержни, взаимно запирающие движения друг друга (Бабанов 2010).

Из особых структур, таких как фуллерены, нанотрубки, наноконусы и другие, могут быть собраны молекулы в форме разнообразных нанодеталей – зубчатых колес, штоков, деталей подшипников, роторов молекулярных турбин, подвижных узлов манипуляторов и т. д. Сборка готовых деталей в механическую конструкцию может осуществляться с использованием ассемблеров (самосборщиков) с прикрепленными к деталям биологическими макромолекулами, способными избирательно соединяться друг с другом. Очень наглядно эту идею воплощает в жизнь профессор Джеймс Тур и его коллеги из Техасского университета Райса, которые в 2005 г. создали молекулярную механическую конструкцию – цельномолекулярный четырехколесный наноавтомобиль шириной около 2 нанометров, работающий на энергии света. Он состоял примерно из 3 сотен атомов и имел раму и оси. На разработку и создание наноавтомобиля потребовалось восемь лет. В планах ученых – создание грузовых нанотранспортных средств, наногрузовиков, для перевозки молекул к конвейерам нанофабрик (Там же).

Разумеется, это больше похоже на игрушки, чем на исследования для практического применения. В чем-то они напоминают паровые игрушки греческого механика Герона Александрийского, изумлявшие зрителей в I в. н. э. От них до паровой машины было очень далеко. Но в отличие от Герона, который даже и не думал о практическом применении пара, нынешние нанотехнологи озабочены именно практическим применением. Поэтому создание **наномашиностроения** – вполне реальная, хотя и не столь близкая, перспектива. Скорее всего, это произойдет ближе к концу нынешнего века. То же можно сказать и о **наноробототехнике**. Предполагаемые конструкции нанороботов и их использование в настоящее время

²³ Р. Курцвейл утверждает, что к 2020 г. персональные компьютеры достигнут вычислительной мощности человеческого мозга. Экстраполяция развития тенденции, которую любит использовать Курцвейл, тем не менее, работает до определенного предела. Пока такие прогнозы выглядят маловероятными.

существуют только в прогнозах, отчасти в фантастических рассказах и фильмах.

Есть мнение, что в 2030-е гг. наноустройства будут имплантированы в человеческий мозг и смогут осуществлять ввод и вывод необходимых сигналов из клеток мозга и что даже, возможно, это приведет к отсутствию необходимости обучения и получения образования. Но это вызывает большие сомнения. Такая киборгизация если и осуществима в принципе, то произойдет существенно позже.

В любом случае очевидно, что и наномашиностроение, и нанороботы поднимут развитие самоуправляемых систем на новый уровень в направлении формирования отрасли, которая будет создавать такие системы (подобно тому, как от использования машин перешли к их промышленному созданию – машиностроению).

Заключение

Описанные процессы должны были показать справедливость идеи, что завершающая фаза кибернетической революции будет эпохой бурного развития самоуправляемых систем. Собственно, уже сейчас мы пользуемся множеством подобных систем, но не воспринимаем их таким образом. Другие еще не нашли широкого применения, как самоочищающиеся стекла, но достаточно скоро они могут стать частью нашей повседневной практики. С появлением машин в предшествующие века появилось и множество ярких прозрений об их будущем применении, но также масса фантазий, которым не суждено было реализоваться. Так и сегодня трудно определить, что станет реальностью, а что нет. Но нет сомнения, что развитие происходит именно в направлении создания самоуправляемых систем. Впереди ждет расцвет такого рода систем, которые будут работать в основном автономно, контролируя при этом важные аспекты жизни человека, как сегодня компьютерные программы орфографии начинают контролировать ваш стиль или знание языка. Все это требует глубокого осмысления и работы в области минимизации возникающих проблем.

Как уже сказано, кибернетическая революция (как и любая производственная революция) несет с собой перемены во всех сферах производства и областях жизни. Однако эти перемены будут происходить не одновременно. В этой связи есть смысл сказать несколько слов об изменениях в других сферах.

Демография. Каждая фаза производственной революции обязательно связана с демографическими изменениями. В целом же в результате производственной революции изменяется тип демографической модели воспроизводства населения. Это выразалось в радикальном увеличении численности населения и темпов его прироста. В течение периода аграрной революции численность населения и его плотность выросли в десятки раз (с нескольких миллионов до сотен миллионов человек). В процессе индуст-

стриальной революции удалось резко снизить смертность и увеличить продолжительность жизни. В целом численность населения очень существенно возросла (например, население Великобритании за столетие с середины XVIII до середины XIX в. выросло в пять раз). Изменилась и структура населения: городское население стало быстро расти за счет сельского.

В результате начальной и средней фаз кибернетической революции происходит одновременно гигантский рост общего населения Земли. Этот рост коснулся прежде всего развивающихся стран, представляя, по сути, продолжение тенденций демографической революции индустриальной эпохи. Но с другой стороны, в развитых странах произошло завершение демографической революции – так называемый демографический переход, который заключается в снижении рождаемости. Одновременно значительно повысились продолжительность жизни и ее качество. Демографический переход – это уже результат собственно начальной фазы кибернетической революции. Недаром сегодня во все большем числе развивающихся стран рождаемость падает.

Вывод. Это дает нам основание предполагать, что завершающая фаза кибернетической революции изменит качество и продолжительность жизни (что уже имеет место) и внесет изменения в закономерности воспроизводства населения. Не исключено, что вырастут масштабы искусственного оплодотворения, а в будущем станет реальностью и искусственное выращивание детей вне материнской плаценты.

Энергетика. В ходе предшествующих производственных революций менялся также источник энергии. В результате аграрной революции стали использовать биологическую энергию – силу животных, в результате промышленной – сначала силу воды, затем ее заменил пар.

Для начала кибернетической революции уже имелся адекватный источник энергии, им можно считать электричество. Идея о том, что новым ведущим источником энергии станет термоядерная, водородная или иной новый вид энергии, пока не реализовалась. Возникает вопрос: должен ли появиться адекватный источник энергии для завершающей фазы кибернетической революции? Опыт предшествующих революций говорит о том, что это вовсе не обязательно. Переход к ирригационному интенсивному земледелию не требовал обязательного использования тягловой силы животных, также и первые сектора машинной промышленности вполне обходились давно известным водным источником энергии. Однако позже, в конце завершающей фазы производственной революции и во время перехода к зрелым этапам принципа производства, уже возникали новые источники энергии (так, завершение аграрной революции в неполивных зонах было связано с пашенным земледелием с использованием быков и волов; а завершение индустриальной революции – с использованием паро-

вой энергии). Отметим, что в обоих случаях это не была абсолютно неизвестная людям энергия. Энергия пара эпизодически использовалась с XVII в.

Вывод. Для начала завершающей фазы кибернетической революции принципиально нового источника энергии не потребуется, поэтому развитие альтернативной энергетики не будет играть здесь решающей роли. Однако новый источник энергии должен появиться либо в процессе завершения революции, либо несколько позже. Также, скорее всего, он не будет абсолютно неизвестным и не используемым ранее. Вероятнее всего, благодаря техническим инновациям, удастся «приручить» и сделать достаточно доступной тот или иной вид альтернативной энергии (водородной, термоядерной, солнечной; либо это будет изобретение легко запасаемой электроэнергии, которая также решит и вопрос с источником энергии для экологичного транспорта). На зрелых этапах принципа производства также происходят изменения в области энергетики, которые создают базу для новой производственной революции (так в период зрелости аграрно-ремесленного принципа производства таким стала сила воды, используемой для приведения в движение механизмов, а в период зрелости индустриально-торгового принципа производства – электроэнергия). Но какая энергия появится в конце научно-кибернетического принципа производства, пока сложно представить.

Транспорт и коммуникации. В конечном счете производственная революция обязательно изменяет способы транспортировки и коммуникации. Но здесь трудно выделить какие-либо четкие закономерности. Только в начале единственной (промышленной) революции одним из ее локомотивов стало развитие транспорта: дальнеходные парусные суда сыграли решающую роль в организации океанической торговли, ставшей одним из двигателей коммуникации (связи). Мы имеем в виду изобретение книгопечатания. Еще существеннее была роль новых видов связи и коммуникации в начале кибернетической революции. Таким образом, начальные фазы производственной революции могут быть обусловлены появлением новых видов коммуникации. Однако для завершающей фазы производственной революции это необязательно (и хотя письменность появилась на пороге завершающей фазы аграрной революции, ее роль не была решающей).

Вывод. В ближайшие десятилетия появление принципиально новых видов коммуникации вряд ли возможно. Развитие коммуникаций мощно прогрессирует в последние десятилетия и в целом даже обогнало общий уровень развития. Скорее всего, принципиально новые виды массовой коммуникации могут появиться только ближе к концу XXI столетия. Однако мощный прогресс в существующих ИКТ, как мы писали выше, вполне возможен в течение ближайших трех-четырех десятилетий.

Как уже было сказано, по-разному происходили и изменения в отношении транспорта. Аграрная революция не была к ним привязана. Переход на верховой транспорт и освоение морских коммуникаций произошли уже в процессе ее завершения на периферии и в более поздний период. Промышленная революция на ее начальной фазе была связана с наличием уже опробованных океанических судов, способных плавать при любом (а не только попутном) ветре, которые, правда, получили большое развитие в ходе революции. С этой инновацией были связаны и Великие географические открытия, без которых промышленная революция захлебнулась бы. Но появление парохода и тем более паровоза произошло уже в конце завершающей фазы промышленной революции²⁴. Появление нового вида транспорта придало ей огромный размах. Новые виды транспорта появились гораздо позже (автомобиль, самолет), и их было вполне достаточно для начала кибернетической революции. Она, разумеется, внесла очень существенные модернизации во все виды транспорта, но пока ничего принципиально нового не создала (космический транспорт не в счет), если не рассматривать скоростные железные дороги (но они играют второстепенную роль).

Вывод. В середине или конце завершающей фазы кибернетической революции (примерно 2050–2060-е гг.) можно ожидать появления каких-либо новых видов транспорта. Электромобиль с большим запасом хода и скорости мог бы служить возможным примером. Но с учетом «смысла» кибернетической революции (как революции самоуправляемых систем) прорыв скорее всего произойдет в направлении автономного движения транспорта и его управления. То есть транспортные средства и системы станут самоуправляемыми. Уже сегодня есть некоторые намечки реализации этой возможности.

Специализация. Производственная революция коренным образом меняет специализацию людей, их профессиональные навыки (компетенции) и создает потребность в новых. Земледелец и ремесленник сменили компетенции охотника и собирателя в период аграрной революции. А с появлением металлов исчезли специалисты по обработке каменных орудий труда. Но в эпоху аграрной революции, тем не менее, изменения происходили сравнительно медленно.

Практически весь период промышленной революции, начиная с XVI в. и, по крайней мере, до последней трети XIX в., прошел под знаком борьбы квалифицированных мастеров с Левиафаном технического прогресса. История этого периода пестрит эпизодами запретов на изобретения, принятием представителями цехов различных стесняющих законов, историей

²⁴ Правда, в Англии в XVIII в. была создана целая сеть каналов, что нельзя считать новым видом транспортных коммуникаций, хотя это, бесспорно, сыграло свою роль в развитии промышленного переворота.

разрушителей машин, и т. п. При этом основания для такого рода запретов и стеснений были самые серьезные: ухудшение качества продукции, падение зарплаток, конкуренция со стороны людей, не имеющих нужной профессиональной подготовки. Однако в итоге машины заменили ручное мастерство, волны технологических инноваций смели целые отряды специалистов. Начальная (и даже средняя) фаза кибернетической революции, особенно при распространении компьютеров, также дали огромное число случаев замены профессионального мастерства, в том числе в области интеллектуальной деятельности: набора, издания книг, журналов и газет, перевода, сбора информации, библиотечного и архивного дела, дизайна, рекламы, фотографии, кинематографии и т. д. и т. п. Неудивительно, что уже не за горами время, когда книги в прежней форме станут раритетом. Появление возможности «сам себе» (режиссер, издатель, художник, фотограф и т. п.) стало знаменем времени.

Вывод. В меньшей степени дальнейшее развитие подорвет основы еще очень многих профессий – от врача (о чем выше шла речь) и учителя до няни и налогового инспектора. В целом общий курс развития должен пойти по пути сокращения численности занятых в целом ряде секторов сферы обслуживания (как простых видов, так и более сложных), но одновременно потребуется много новых профессий. Сокращение занятых в сфере обслуживания не в последнюю очередь будет происходить за счет развития робототехники.

Робототехника. Принципы функционирования роботов и возможности их использования очень хорошо отвечают идее бурного развития самоуправляемых систем. Кроме того, только такого рода устройства смогли бы решить проблему обслуживания все более многочисленного пожилого поколения и в некоторой степени решить проблему недостатка рабочей силы. Поэтому нет никакого сомнения в том, что это направление раньше или позже ждет большое будущее, хотя сейчас объем мирового производства роботов весьма невелик – всего несколько миллиардов долларов. Но его взлет, скорее всего, сможет произойти уже после завершения кибернетической революции или в конце нее на базе создания технологий будущего. Билл Гейтс в 2007 г. считал, что робототехника находилась в состоянии, подобном тому, в каком находились ЭВМ в 1970-х гг., когда они с Полом Алленом основали компанию Microsoft, предполагая, по-видимому, что в 2030-е гг. робототехника станет столь же важной, как сегодня ИКТ. Однако, думается, что даже через тридцать лет роботы все еще не будут очень широко распространены, а бурный всплеск развития роботов произойдет примерно в 2050–2060-е гг. Ведь даже по оптимистическим прогнозам японской ассоциации по вопросам робототехники, к 2025 г. оборот робототехнической отрасли составит всего 50 млрд долларов (Гейтс 2007), то есть объем, совершенно недостаточный для переворота в экономике. В любом случае прогнозы в отношении совсем ско-

рого появления умных роботов не сбудутся, хотя эти идеи ценны для нас уже тем, что ярко демонстрируют важнейшую характеристику кибернетической революции – рост самоуправляемости систем.

В своей книге «Дети разума» Г. Моравек (Moravec 1988), рассуждая о влиянии закона Мура на развитие цивилизации, предсказывал будущее робототехники. Он утверждал, что в 2010 г. появятся модели роботов, чьи интеллектуальные способности будут идентичны мозгу ящерицы. Они будут использоваться для уборки помещений без вмешательства людей и некоторых других целей. Моравек утверждает, что еще через 20 лет будут созданы модели с умственными способностями обезьяны. Такие роботы смогут без указаний человека определять простейшие технические и бытовые проблемы и задачи и решать их самостоятельно. Это был бы, действительно, огромный шаг в направлении создания самоуправляемых систем нового типа. Однако, скорее всего, процесс создания таких роботов будет существенно более длителен.

Правовые, этические, педагогические и идеологические проблемы развития медицины. Чем быстрее происходит научно-технический прогресс, тем труднее обществу успевать за изменениями, тем более гибкой становится мораль, изощреннее – право, тем больше появляется всяких меньшинств, отстаивающих свои, далеко не всегда понятные, права, тем толерантнее становится общество. Но в то же время быстрее разрушаются традиции и сложнее становится отличить хорошее от плохого (растворяются критерии этих понятий), труднее для родителей передать детям свой опыт и т. д. и т. п. Нам уже приходилось об этом писать (Гринин 2006; Гринин, Коротаев 2009). Далеко не утратила своей актуальности и знаменитая работа Э. Тоффлера «Шок будущего» (Toffler 1970; Тоффлер 2002). Но эти проблемы обязательно требуют очень большого внимания. В частности, нельзя не отметить, что могут появиться очень сложные этические проблемы и возникает потенциальный риск нарушения социальных и биологических основ существования человека. Сложно представить, чем это может обернуться в конечном итоге. Радикальные изменения в организме человека способны серьезно отразиться на таких базовых вещах, как понимание семьи, пола, отношение к жизни. Именно поэтому полезны прогнозы развития кибернетической революции. Они могут помочь заранее озаботиться созданием оптимальных социальных, правовых и иных инструментов, чтобы такие изменения не застали полностью врасплох, чтобы можно было минимизировать негативные последствия. В конечном счете революция управляемых систем касается и социальных систем, поэтому должны быть выработаны технологии социального предвидения и купирования проблем, которые должны опробоваться хотя бы до массового распространения инноваций, внушающих опасения.

Библиография

- Адамс С. 1986. *Красноречивая история. Концерт Ла Рош против Стенли Адамса*. М.: Прогресс.
- Балабанов В. И. 2010. *Нанотехнологии: правда и вымысел*. М.: Эксмо.
- Белл Д. 1999. *Грядущее постиндустриальное общество*. М.: Академия.
- Бесланев Э. В. 2006. *Научное обоснование производства биологически полноценных кормов для плотоядных*: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Казань.
- Блинов В. А. 2003. *Общая биотехнология. Курс лекций*. Саратов: Саратовский ГАУ.
- Борисенко В., Толочко Н. 2008. Нанотехнологии: этапы развития. *Наука и инновации. Научно-практический журнал* 12(70). URL: <http://innosfera.org/taxonomy/term/407>
- Борлоуг Н. Э. 2001. «Зеленая революция»: вчера, сегодня и завтра. *Экология и жизнь* 1. URL: <http://www.ecolife.ru/journal/econ/2001-4-1.shtml>
- ВОЗ 2011. Десять ведущих причин смерти. *Информационный бюллетень* 310. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/ru/>
- Волова Т. Г. 1999. *Биотехнология*. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН Российской Академии наук.
- Гейтс Б. 2007. Microsoft предсказывает революцию в сфере робототехники. URL: <http://www.robotov.net/news/?id=225>
- Глик Б., Пастернак Дж. 2002. *Молекулярная биотехнология. Принципы и применение*. М.: Мир.
- Гринин Л. Е. 1995–1996. *Философия и социология истории: некоторые закономерности истории человечества (опыт философско-социологического анализа всемирно-исторического процесса)*: в 3 кн. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е. 1997–2001. *Формации и цивилизации* (Книга печаталась в журнале «Философия и общество» с 1997 по 2001 г.).
- Гринин Л. Е. 2006. *Производительные силы и исторический процесс*. 3-е изд. М.: КомКнига/URSS.
- Гринин Л. Е. 2009. *Государство и исторический процесс: Политический срез исторического процесса*. М.: ЛИБРОКОМ/URSS.
- Гринин Л. Е. 2012. Кондратьевские волны, технологические уклады и теория производственных революций. *Кондратьевские волны: аспекты и перспективы*: ежегодник / Отв. ред. А. А. Акаев, Р. С. Гринберг, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 222–262. Волгоград: Учитель.
- Гринин, Л. Е. 2013. Динамика кондратьевских волн в свете теории производственных революций. *Кондратьевские волны: палитра взглядов* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 31–83. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2009. *Социальная макроэволюция. Генезис и трансформации Мир-Системы*. М.: ЛИБРОКОМ.
- Гринин А. Л., Холодова В. П., Кузнецов Вл. В. 2010. Сравнительный анализ физиологических механизмов солеустойчивости различных сортов горчицы. *Вестник Российского университета дружбы народов* 1: 27–38.

- Грицак Е. 2003.** Популярная история медицины. М.: Вече.
- Дементьев В. Е. 2008.** Нанотехнологическая инициатива США – опыт политики технологического лидерства. *Теория и практика институциональных преобразований в России*. Вып. 12. М.: ЦЭМИ РАН.
- Егорова Н. С., Самуилова В. Д. 1987.** Биотехнология, проблемы и перспективы. М.: Высшая школа.
- Жохова А. 2011.** Мы сделаем вам красиво. *Forbes* 03.06. URL: <http://m.forbes.ru/article.php?id=69681>
- Загорский И. 2012.** Не мясом единым: кожаные куртки будут выращивать в лаборатории. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=912084&cid=2161>
- Зудин Д. В., Кантере В. М., Угодчиков Г. А. 1987.** Автоматизация биотехнологических исследований: уч. пособ. для вузов: в 8 кн. М.: Высшая школа.
- Каминская А. М. 2011.** Биотехнология. URL: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0187:article>
- Кондратьев В. Б. 2011.** Глобальная фармацевтическая промышленность. URL: http://perspektivy.info/rus/ekob/globalnaja_farmaceuticheskaja_promyshlennost_2011-07-18.htm
- Костина Г. 2013.** Поколение R. *Эксперт* 25–31 марта: 63–65.
- Лешина А. 2012.** Пластики биологического происхождения. *Химия и жизнь* – XX в. 9: 2–5.
- Макаров И. М., Топчеев Ю. И. 2003.** Робототехника. История и перспективы. М.: Наука; МАИ.
- Мирский М. Б. 2010.** История медицины и хирургии. М.: ГЭОТАР-Медиа.
- ООН 1992.** Повестка дня на XXI век. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21.shtml
- Ридли М. 2011.** Секс и эволюция человеческой природы. М.: Эксмо.
- Рыбалкина М. 2005.** Нанотехнологии для всех. М.: Nanotechnology News Network.
- Стратегия развития медицинской науки в Российской Федерации на период до 2025 года. 2013.** URL: http://rosminzdrav.ru/health/62/Strategiya_razvitiya_meditsinskoj_nauki.pdf
- Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. 2004.** Биология: в 3 т. М.: Мир.
- Ткачук А. П., Ким М. В., Савицкий В. Ю., Савицкий М. Ю. 2011.** Перспективы использования трансгенных насекомых в программах биоконтроля. *Журнал общей биологии* 72(2): 93–110.
- Тоффлер Э. 2002.** Шок будущего. М.: АСТ.
- Фукуяма Ф. 2004.** Наше постчеловеческое будущее: Последствия биотехнологической революции. М.: АСТ.
- Юдин Б. Г. 2008.** Медицина и конструирование человека. *Знание, понимание, умение*. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/meditsina-i-konstruirovanie-cheloveka>
- Vaker M. 2013.** Europe Bets on Drug Discovery. *Nature* 494: 20.
- BCC Research 2012.** *Nanotechnology: A Realistic Market Assessment*. URL: <http://www.bccresearch.com/report/nanotechnology-market-applications-products-nan031e.html>

- Bell D. 1973.** *The Coming of Post-Industrial Society*. New York, NY: Basic Books.
- Brown K. 2000.** The Human Genome Business Today. *Scientific American* 282(1): 50–55.
- Cavalcanti A., Shirinzadeh B., Zhang M., Kretly L. C. 2008.** Nanorobot Hardware Architecture for Medical Defense. *Sensors* 8(5): 2932–2958.
- Ceresana Research. 2011.** *Market Study: Bioplastics*. URL: <http://www.ceresana.com/en/market-studies/plastics/bioplastics/>
- Dator J. 2006.** Alternative Futures for K-Waves. *Kondratieff Waves, Warfare and World Security* / Ed. T. C. Devezas, pp. 311–317. Amsterdam: IOS Press.
- Demire P., Mazzucato M. 2008.** The Evolution of Firm Growth Dynamics in the US Pharmaceutical Industry: Is ‘Structure’ in the Growth Process Related to Size and Location Dynamics? *IKD Working Paper* No. 38, 09: 1–28.
- Dickert F. L., Hayden O., and Halikias K. P. 2001.** Synthetic Receptors as Sensor Coatings for Molecules and Living Cells. *Analyst* 126: 766–771.
- Hartwell R. M. 1976.** The Service Revolution: The Growth of Services in Modern Economy 1700–1914. *The Industrial Revolution. 1700–1914* / Ed. C. M. Cipolla, pp. 358–396. London: Harvester.
- ISO 2005.** TC 229 Nanotechnologies. URL: http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee?commid=381983
- King R. D., Rowland J., Oliver S. G., Young M., Aubrey W., Byrne E., Liakata M., Markham M., Pir P., Soldatova L. N., Sparkles A., Whelan K. E., Clare A. 2009.** The Automation of Science. *Science* April 3: 85–89.
- Kopetz H. 2013.** Renewable Resources: Build a Biomass Energy Market. *Nature* 494(7435): 29–31. doi: 10.1038/494029a.
- Lane, N. Kalil T. 2007.** The National Nanotechnology Initiative: Present at the Creation. *Issue in Science and Technology*. URL: <http://www.issues.org/21.4/lane.html>
- Lynch Z. 2004.** Neurotechnology and Society 2010–2060. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1031: 229–233.
- Marx V. 2013.** Tracking Metastasis and Tricking Cancer. *Nature* 494: 131–136. URL: <http://www.nature.com/nature/journal/v494/n7435/full/494131a.html>
- McKie R. 2002.** Men Redundant? Now We Don't Need Women Either. *The Guardian* 10 February. URL: <http://www.guardian.co.uk/world/2002/feb/10/medicalscience.research>
- Moravec H. P. 1988.** *Mind Children*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Moss R., Cumbo K. 2012.** Prosthetics: Brain Control Reaches a New Level. *University of Pittsburgh Swanson School of Engineering* 14 April. URL: http://megan.scudellari.com/pdf/scientist_092012_touch.pdf
- Moynihn R. 2003.** Who Pay for Pizza? Redefining the Relationship between Doctors and Drug Companies. *British Medical Journal* 326: 400.
- NIC 2012.** National Intelligence Council 2012. *Global Trends 2030: Alternative Worlds*. URL: www.dni.gov/nic/globaltrends

- Population** Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat 2012. *World Population Prospects: The 2010 Revision*. URL: <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>
- Oxford** Nanopore Technologies 2013. The MinION™ Device: A Miniaturised Sensing System. URL: <http://www.nanoporetech.com/technology/the-minion-device-a-miniaturised-sensing-system>
- Raff M. 1998.** Cell Suicide for Beginners. *Nature* 396: 119–122.
- Ridley M. 1996.** *The Origin of Virtue*. New York, NY: Viking.
- Schirhagl R., Qian J., Dickert F. L. 2012.** Immunosensing with Artificial Antibodies in Organic Solvents or Complex Matrices. *Sensors & Actuators: B. Chemical* 173: 585–590.
- Slagboom P. E. S., Droog S., Boomsma D. I. 1994.** Genetic Determination of Telomere Size in Humans: A Twin Study of Three Age Groups. *American Journal of Human Genetics* 55: 876–882.
- Toffler A. 1970.** *Future Shock*. New York, NY: Random House.
- WHO 2004.** The World Medicines Situation. URL: <http://apps.who.int/medicinedocs/en/d/Js6160e/3.html>
- World Bank 2012a.** GDP Per Capita (Current US\$). URL: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>
- World Bank 2012b.** Health Expenditure Per Capita (Current US\$). URL: <http://data.worldbank.org/indicator/SH.XPD.PCAP?page=1>
- Woollett G. R. 2012.** Innovation in Biotechnology: Current and Future States. *Clinical Pharmacology and Therapeutics* 91(1): 17–20.

Аннотация

В статье исследуются технологические изменения, которые произошли во второй половине XX и в начале XXI в. На базе анализа новейших достижений в области медицины, био- и нанотехнологий, робототехники, ИКТ и других технологических направлений, а также опираясь на возможности теории производственных революций, подробно исследуется последняя производственная революция, которая названа кибернетической, и даются прогнозы о ее развитии в ближайшие пятьдесят лет. Показано, что основное направление этой революции будет заключаться в развитии разнообразных самоуправляемых систем. Подробно анализируются будущие прорывы и изменения в медицине, био- и нанотехнологиях в аспекте развития самоуправляемых систем и роста их способности к выбору оптимальных режимов функционирования, а также других характеристик кибернетической революции (экономии ресурсов и энергии, миниатюризации, индивидуализации).

Ключевые слова: информационные технологии, производственная революция, кибернетическая революция, самоуправляемые системы, киборгизация, медицина, биотехнология, нанотехнология, генная инженерия.