

## ГЛАВА ПЯТАЯ

### Четвертая технологическая революция

#### и ее социально-экономические последствия

**Молодой исследователь.** В последнее десятилетие идут споры вокруг замедления научно-технического прогресса. Поскольку технический прогресс является основной движущей силой экономического роста и повышения благосостояния людей, не приведет ли она к замедлению экономического роста и возникновению социально-политических проблем? Каковы на Ваш взгляд перспективы научно-технического прогресса на ближайшие десятилетия?

**Аскар Акаев.** Действительно, в последнее десятилетие появилось множество работ, в которых утверждалось, что наблюдаемая в течение последних сорока лет тенденция замедления темпов научно-технического прогресса и соответствующая тенденция замедления темпов роста экономик развитых стран, а также мировой экономики в целом, - закономерное явление и что эта тенденция продолжится по крайней мере до середины XXI века. Однако все эти работы не учитывали революционных последствий происходящей в последнее десятилетие NBIC-технологической революции, а также аддитивных технологий в производстве сложнейших изделий, приборов и конструкций различной природы из разнообразных материалов. NBIC-технологии (N-нано-, B-био-, I-инфо- и C-когнитивные технологии), благодаря мощному синергетическому эффекту, порождаемому взаимной конвергенцией нано-, био-, инфо- и когнитивных технологий, изменят тенденцию замедления на тенденцию ускорения. А аддитивные технологии, широко известные как процесс 3D-печати, уже, производят революцию в промышленности, технике, дизайне, медицине и других сферах из-за его дешевизны, простоты, экологичности и безотходности.

**Молодой исследователь.** Не могли бы подробнее рассказать об этих удивительных технологиях?

**Аскар Акаев.** Следует отметить, что разработка NBIC-технологий стала возможной, когда ученые получили инструменты для манипулирования веществом на уровне атомов и молекул. Исторической датой стал 1986 г., когда Герд Бининг разработал сканирующий атомно-силовой микроскоп. Этот микроскоп позволил визуализировать атомы любых материалов, а самое главное манипулировать ими. При помощи такого микроскопа стало возможным конструирование совершенно новых наноструктур. Вскоре появились более совершенные наноинструменты, как сканирующие зондовые микроскопы с компьютерным управлением, позволяющие с высокой точностью манипулировать с наноразмерными частицами, оптические пинцеты для захвата и перемещения наноструктур в трехмерном пространстве. Все это открыло дорогу для синтеза и производства наноматериалов с уникальными свойствами уже в промышленных масштабах. Параллельно происходил процесс открытия и синтеза наноматериалов чрезвычайно важных для наноиндустрии: углеродного фуллерена (1985 г.); углеродных нанотрубок (1991 г.) и графена (2004 г.) - углеродной пленки, толщиной в один атом, которая сегодня считается наиболее перспективным материалом для наноэлектроники. На основе графена уже удалось создать самые миниатюрные молекулярные транзисторы толщиной в один атом и десять атомов в поперечнике, что в 30 раз меньше чем самые маленькие молекулярные транзисторы, которые были созданы до сих пор. Знаменитая компания IBM уже заявила, что она освоила технологию создания нанопроцессора мощностью в один терагерц на основе графена и вскоре начнет выпуск наночипов.

Уникальные механические свойства графена позволяют создать новые сверхпрочные, тончайшие и эластичные материалы для использования в самолетостроении и автомобильной промышленности. Наноматериалы открывают дорогу для производства сверхпроводников. Наблюдается также активный процесс кластеризации NBIC-технологий. Например, формируется весьма многообещающая область нанобиотехнологии, созданная с применением биологических компонентов и их способности к самоорганизации в наносистемах и, наоборот, бионанотехнологии с использованием наносистем для оптимизации биологических и биотехнологических процессов.

Нанобиотехнологии разнообразными связями объединяют в себе многие направления с медициной и фармацевтикой, что очень ярко проявляется в разработке новейших медицинских препаратов, протезов для восстановления поврежденных органов человека и т.п. Особое будущее отводят наномашинам, доставляющим молекулы лекарства прямо к месту болезненного воспаления. Роль информационных технологий особенно велика в резком улучшении диагностики заболеваний. Например, диагностика с использованием нанобиочипов в роли миниатюрных датчиков, отслеживающих концентрацию различных веществ в организме, различающих раковые клетки от здоровых. В будущем врач может уничтожить их с помощью наноробота-хирурга без ущерба для здоровья пациента, открывая возможность победить раковые болезни.

Революционное значение будет иметь изготовление и применение биочипов, которые могут быть встроены в организм человека с целью поддержания его функциональных свойств. В бионанотехнологиях особую нишу заняла генная инженерия, основанная на исправлении и коррекции дефектных генов. На смену классической трансплантологии приходят технологии регенеративной медицины, называемые также тканевой инженерией. Открытие человеческой эмбриональной стволовой клетки в 1998 г. сделало потенциально возможной регенерацию любого типа человеческой клетки и, следовательно, любого человеческого органа. Широкое использование биопротезов, выращенных из собственных стволовых клеток пациента и потому не вызывающих иммунной реакции отторжения, станет уже в 2020-е годы повсеместной клинической практикой.

Информационные и компьютерные технологии будут революционизированы с помощью нанoeлектроники, квантовых компьютеров и биочипов. В свою очередь, они станут основой для развития когнитивных технологий и создания интеллектуальных роботов и разумных компьютеров. Из этого краткого списка инноваций, порождаемых NBIC-технологиями, видно, что они окажут революционное воздействие на все отрасли экономики и все сферы жизнедеятельности человека. Добавим к тому же, что все они находятся на пороге коммерциализации. Очевидно, что они приведут к ускорению технического прогресса в двадцатые годы.

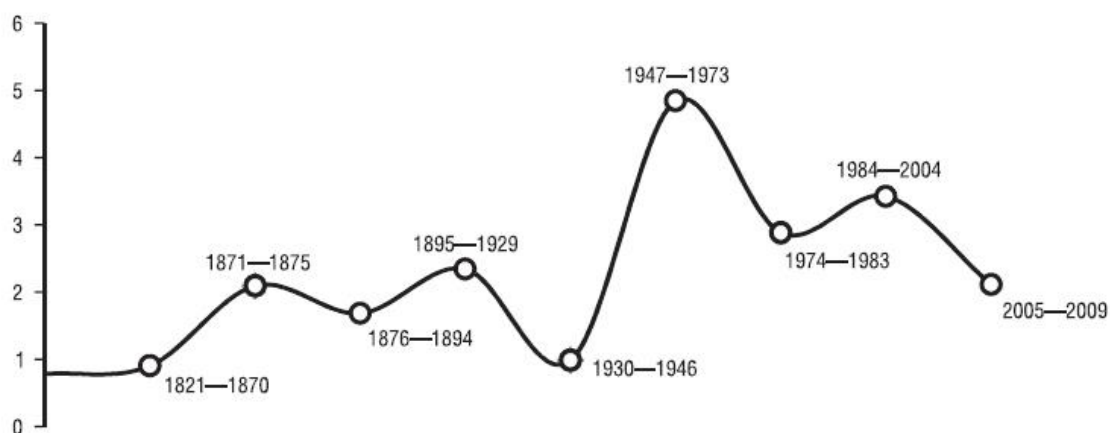
Что же касается аддитивных технологий, в их основе лежит процесс послойного формирования всевозможных конструкций, на основе их цифровых моделей. Часто в технологии 3D-печати используется струйная печать, выполняемая блоком головок, одна из которых содержит быстро твердеющий полимер, смолу или адгезив, обеспечивающий надежное послойное склеивание — сцепление частичек порошков, волокон или лент. Другое направление связано с послойной наплавкой материала с использованием лазерного излучения. Именно таким способом уже «печатают» несущие элементы в самолетах и ответственные части ракетного двигателя. Специалисты NASA предсказывают, что в скором будущем станет возможным печатать в космосе, в условиях невесомости, гигантские конструкции диаметром в десятки метров и протяженностью в сотни метров, с помощью паукообразных роботов. Впереди удивительные применения 3D-печати в медицине: выращивание органов человека, печать межпозвоночных дисков,

наращивание костей при травмах и т.п. Освоение технологий 3D-печати приведет к коренному изменению принципов производства и доставки товаров и продукции. Цифровые проекты продуктов, а не сами продукты будут перемещаться по всему миру. Их можно материализовать путем 3D-печати в любом месте мира, где имеются технологии для 3D-печати и необходимые материалы.

Важно отметить, что как NBIC-технологии, так и технологии 3D-печати по своей природе направлены на максимальное сокращение расхода материалов, потребления энергии, что выгодно отличает их от существующих технологий.

**Молодой исследователь.** Как же повлияют эти революционные технологии на технический прогресс и экономический рост?

**Аскар Акаев.** Общеизвестно, что научно-технический прогресс является главным двигателем современного экономического развития. Еще в 1950-е годы выдающийся американский экономист Роберт Солоу убедительно доказал, что именно технический прогресс, воплощенный в инновациях, является основным источником экономического роста, за что был удостоен Нобелевской премии. Он показал, что более 75% темпов роста современной экономики имеют своим источником технический прогресс. Поэтому о темпах технического прогресса можно судить по темпам экономического развития, что поддается достаточно точной оценке. Заметим также, что под инновацией или нововведением подразумевается новый коммерческий продукт (товар) или новый более эффективный технологический процесс изготовления традиционного продукта. В основе любой инновации лежит новое научное знание — научное открытие или техническое изобретение. Таким образом, инновация — это новое знание, воплощенное в коммерческий продукт.



**Рис.1. Динамика относительных среднегодовых темпов роста мирового ВВП, 1800—2009 годы (%)**

**Источники:** [World Bank; Maddison, 2010].

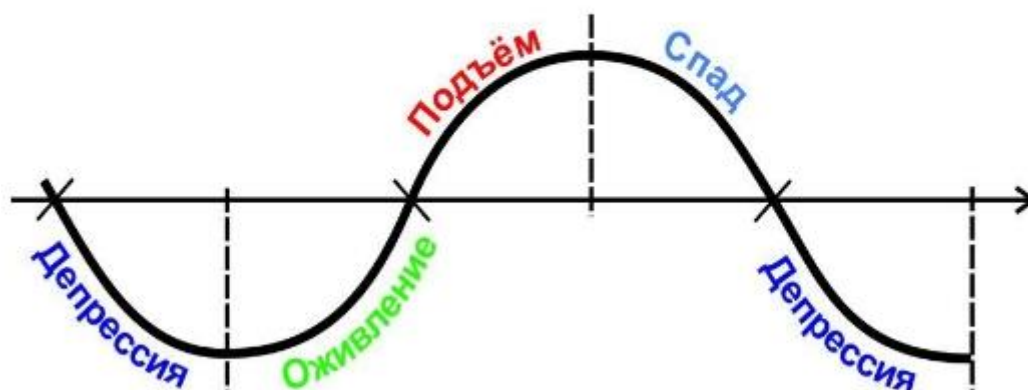
Действительно, благодаря научно-технической революции начала XX века, породившей эпохальные инновации, во второй половине XX века были достигнуты невиданные темпы роста мировой экономики, как это видно из рис. 1. В целом по миру среднегодовые темпы роста ВВП (валовой внутренний продукт) или совокупного объема мирового производства составили в 1948-1973гг. рекордные 4,9% тогда, как в первой трети XX века (1900-1930 гг.) они находились на хорошем уровне, равном 2,5%. Мировой экономический кризис 1970-х годов привел к значительному спаду и среднегодовые темпы роста мирового ВВП в 1983-2004гг, снизились до 3,4%, что все равно превышало

соответствующие показатели первой половины XX века на один процентный пункт. Оправившись после экономического кризиса 2001 г., охватившего сферу информационных технологий и связанную с ней «экономику знаний», мировая экономика вновь набрала темпы: в 2003-2007гг. она росла в среднем на 3,6% в год. Однако это стало результатом бурного подъема растущих экономик авангардных развивающихся стран, объединенных аббревиатурой БРИК, - Бразилии, России, Индии и Китая. Последовавший затем системный циклический мировой финансово-экономический кризис, разразившийся в 2008-2009 гг. и вызвавший в острой фазе (2009 г.) Великую рецессию в США и ряде других авангардных стран, вновь привел к дальнейшему продолжению тенденции глобального замедления экономического роста. Уже к 2013 г. темп прироста мирового ВВП снизился до 3,1%, затем несколько повысился в 2014 г. — до 3,3% и снова упал до 3,1% в 2015 г. В 2016 г. вновь ожидается 3,1%, как и в прошлом году, т.е. стагнация мировой экономики продолжается.

Правда ситуация начнет меняться с 2017 г., когда ожидается прирост мирового ВВП на 3,4%. Как мы увидим далее, это уже не случайный как в 2014 г., а закономерный рост, обусловленный началом новой длинной волны мирового экономического развития или очередного большого цикла экономического роста Кондратьева. Не удивительно, что после ошутимого экономического кризиса 2000-2001 гг. в США, вызванного лопанием огромного финансового «пузыря» интернет-компаний (свыше 10 трлн. долл.), была начата и стала оживленной дискуссия о перспективах развития технического прогресса в XXI века. Действительно, следствием кризиса стало временное замедление роста и распространения информационных и интернет-технологий в экономике и финансовой сфере.

Участники дискуссии разделились на два лагеря. Одни утверждали, что постулат о постоянном ускорении научно-технического прогресса сохраняет свою силу и потому закономерно появление в ближайшем будущем новых прорывных технологий, способных в очередной раз обеспечить ускорение технического прогресса и экономического роста [Яковец, 2004; Рущар, 2006]. Другие скептически относятся к возможностям современного технического прогресса и полагают, что в 1970-х годах произошел переход от революционного развития науки и техники к эволюционному типу развития, вследствие чего в XXI веке, по крайней мере в первой его половине, следует ожидать постепенного замедления темпов технического прогресса [Hirooka, 2006, Чернов, 2006; Гордон, 2013; Хейнберг, 2013]. Сегодня уже становится очевидным, что вторые ошибались, поскольку разворачивается NBIC- технологическая революция [Roko, 2011], а в 2020-2030-е годы ожидается новая Великая научная революция XXI века [Яковец, 2010].

Научно-технический прогресс в целом и особенно инновационный процесс, как ныне общепризнано [Schumpeter, 1939; Яковец, 2004; Hirooka, 2006], развиваются неравномерно во времени, им присуща цикличность. Следствием этого являются циклические колебания экономической деятельности. В центре внимания исследователей в XX столетии находились длинноволновые колебания, открытые великим русским экономистом начала XX века Николаем Кондратьевым [Кондратьев, 2002]. Изучая в 1920-х годах закономерности, происходящих в мировой экономике явлений, он обнаружил длинные циклы экономической конъюнктуры примерно полувековой длительности, которые получили название «больших циклов Кондратьева» (БЦК). Н. Кондратьев показал, что каждый БЦК состоит из продолжительной повышательной и среднесрочной понижательной стадии. Он всесторонне обосновал закономерную связь «повышательных» стадий этих циклов с волнами технических изобретений и их практического использования в виде инновационных продуктов и технологий.



**Рис.2. Четырехфазный цикл Кондратьева**

Повышательную и понижательную стадии БЦК принято подразделять на четыре фазы, как показано на рис.2. Повышательная стадия охватывает период длительного преобладания высокой хозяйственной конъюнктуры в международной экономике и включает фазы оживления и подъема, общей продолжительностью около 20-25 лет, когда она развивается динамично, легко преодолевая кратковременные неглубокие спады. Причем, большая часть этой стадии — 15-20 лет приходится на фазу подъема, тогда как фаза оживления является краткосрочной (порядка 3-5 лет). Понижательная стадия включает в себя фазы спада и депрессии и представляет период преобладания низкой хозяйственной конъюнктуры, продолжительностью 8-12 лет, когда несмотря на временные подъемы, доминируют вялая деловая активность и депрессия, вследствие чего мировая экономика развивается неустойчиво, впадая временами в глубокую рецессию. Таким образом, началу повышательной стадии каждого БЦК обязательно предшествуют период экономического кризиса и депрессии. Вся эта картина повторяется циклически, каждые 30-40 лет.

Сам Н. Кондратьев идентифицировал первые два больших цикла, сгенерированные промышленной революцией: 1-й БЦК (1785-1848 гг.); 2-й БЦК (1848-1893 гг.). Он также оценил верхнюю поворотную точку 3-го БЦК (пиковая точка) вблизи 1917 г. и предсказал, что в конце 1920-х годов наступит кризисная рецессия. Так оно и случилось. Большая циклическая рецессия произошла в 1929 г. и началась Великая депрессия, которая продолжалась вплоть до начала 1940-х гг., когда наступила нижняя поворотная точка. 4-й БЦК охватил период с 1943 г. по 1982 г., когда началось оживление, а затем и подъем 5-го БЦК, пик которого пришелся примерно на 2006 год, а затем начался спад, завершившийся Великой рецессией 2008-2009 гг. и вступлением в фазу депрессии, которая в отдельных странах продолжается и поныне. По нашим расчетам мировая экономика в настоящее время проходит нижнюю поворотную точку и в 2017-2018 гг. начнется повышательная стадия следующего 6-го БЦК [Акаев, Рудской, 2015].

Другой великий экономист XX века Йозеф Шумпетер развил учение Кондратьева о больших циклах конъюнктуры и разработал инновационную теорию длинных волн [Schumpeter, 1939], включив ее в ставшую классической общую инновационную Теорию экономического развития [Шумпетер, 1982]. Совсем недавно, выдающийся японский

экономист Масааки Хироока показал существование тесной корреляции нововведений и больших циклов Кондратьева и впервые доказал, что диффузия нововведений строго синхронизируется с повышательной стадией Кондратьевского цикла и достигает своего насыщения в области пиковой точки цикла как показано на рис. 3. Таким образом, практически было завершено создание инновационно-циклической теории долговременного экономического развития Шумпетера-Кондратьева, которая сегодня является ключевой основой для долгосрочного прогнозирования технологической и экономической динамики и разработки стратегии устойчивого развития. Причем, важно, что горизонт для надежного прогнозирования сравним с продолжительностью БЦК и в современную эпоху составляет 30-40 лет.



**Рис. 3. Диффузия инноваций вдоль подъемов циклов экономической активности Кондратьева**

М. Хироока разработал оригинальную инновационную парадигму, имеющую каскадную структуру и состоящую из трех логистических траекторий (траектории развития технологии, разработки инновационных продуктов и их диффузии на рынки), отстоящих друг от друга на определенном фиксированном расстоянии. Замечательно то, что эта инновационная парадигма позволяет достаточно точно прогнозировать траекторию диффузии инноваций на рынки, а, следовательно, повышательную стадию БЦК и ее начало, если известна траектория развития ядра базисных технологий будущего БЦК. Именно с помощью инновационной парадигмы Хироока мы определили параметры 6-го БЦК: начало подъема—2018г., пик подъема—2034. Так что нас впереди ожидает 15-летний мировой экономический подъем и повышения благосостояния народов.

**Молодой исследователь.** Выше Вы говорили об эпохальных инновациях середины XX столетия, которые обеспечили рекордные темпы технического прогресса и экономического роста в послевоенные десятилетия. Возможны ли подобные инновации в будущем? Какие еще различают типы инноваций?

**Аскар Акаев.** Прежде всего, следует отметить, что понятие «эпохальные инновации» ввел в науку лауреат Нобелевской премии Саймон Кузнец для обозначения нововведений, порожденных революционными прорывами в развитии человеческого развития, которые явились главными источниками долгосрочного экономического роста и получили широкое распространение в мире [Кузнец, 2005]. Таким эпохальным нововведением стала, например, промышленная революция, развернувшаяся с конца XVIII века и обеспечившая 250-летнюю эру индустриальной цивилизации. Эпохальные инновации осуществляются раз в несколько столетий.

Видный немецкий экономист Герхард Менш [Mensch, 1979] ввел более детальную классификацию инноваций: базисные, которые приводят к радикальным изменениям в технологической базе и способах организации производства и дают старт БЦК; улучшающие, которые направлены в основном на усовершенствование базисных инноваций в целях повышения их полезности и их адаптации к рыночному спросу, чтобы максимально использовать потенциал базисных инноваций; псевдоинновации, которые призваны на заключительной фазе жизненного цикла нововведения, чтобы искусственно продлить его. Базисные и улучшающие инновации естественно являются прогрессивными, а что касается псевдоинноваций, то они порождаются консерватизмом и тормозят общественный прогресс. Юрий Яковец добавил к ним еще и антиинновации, которые носят реакционный характер и ведут к регрессу [Яковец, 2004].

Г. Менш также установил, что базисные инновации предстоящего БЦК порождаются внутри предыдущего цикла, они взаимодействуют друг с другом и взаимовлияют. Благодаря действию механизма самоорганизации, присущей базисным инновациям, они формируют мощный кластер в ходе развития депрессии, способный запустить новую длинную волну экономического роста и развития. Это явление Г. Менш назвал «триггерным» эффектом депрессии, имея в виду, что депрессия запускает процесс внедрения базисных инноваций. Кластеры базисных инноваций приводят к возникновению новых отраслей экономики и, в свою очередь, запускают очередной БЦК. Благодаря синергетическому эффекту, взаимодействие инноваций внутри кластера вызывает мощный кумулятивный рост экономики, показывая тем самым, что именно инновации и являются основным двигателем долгосрочного экономического развития.

Следующий революционный прорыв в науке и знаниях состоялся в начале XX века. Эпохальными базисными инновациями, порожденными этой научно-технической революцией, стали: атомная энергетика; ЭВМ и автоматизация производства; квантовая электроника и лазерные технологии; космические технологии, спутниковая связь и телевидение; реактивные двигатели и межконтинентальные авиалайнеры; генетика и биотехнологии. Не удивительно, что повышательная стадия 4-го БЦК (1943-1967гг.) сопровождалась рекордными за всю историю человечества темпами мирового экономического роста, равными 5%. Ядром кластера базисных технологий следующего 5-го БЦК стали технологии, порожденные в результате революции в области микроэлектроники и полупроводниковых лазеров: микропроцессоры (микрочипы), персональные компьютеры, волоконно-оптические линии связи, информационно-коммуникационные технологии и Интернет, также микробиотехнологии, основанные на генной инженерии. Однако, они уже являлись производными от эпохальных инноваций 4-го БЦК. Поэтому вполне естественно, что темпы как технического прогресса, так и экономического роста в этот период оказались гораздо ниже и составили в среднем 2,3% и 3,1% соответственно в 1983-2004 гг., как видно из рис.1. Вместе с тем, они все же были выше на один процентный пункт по сравнению с аналогичными показателями начала века (2,5%).

Что же касается базисных технологий грядущего 6-го БЦК (NBIC-технологии и 3D-печать), мы с академиком Андреем Рудским, известным специалистом в области нанотехнологий, разработали прогнозную модель и оценили, что средние темпы технического прогресса в 2020-е годы составят 2,7%, а в 2030-е - 3,2%, т.е. на 0,5 и 1 п.п. больше, чем в период с 1980 по 2008 гг. Следовательно, благодаря мощному синергетическому эффекту NBIC-технологии обеспечат дальнейшее ускорение технического прогресса, а значит и темпы экономического роста. Последние, однако не сильно превысят 4%, вследствие замедления темпов роста экономик в авангардных развивающихся странах, а также постепенного сокращения численности трудоспособного населения Земли. Однако, как уже отмечалось ранее, в 20-е и 30-е годы ожидается Великая научно-техническая революция XXI века, которая породит новые эпохальные инновации, способные обеспечить рекордные темпы технического прогресса и экономического роста равные 4-5% и 5-6% соответственно.

Длинноволновые колебания Кондратьева в реальной экономической системе возникают в результате множества нелинейных обратных связей, действующих между технологическими, макроэкономическими, институциональными и информационными подсистемами с различными временными лагами и с высокой степенью неопределенности. В целях разработки обобщенной теории длинных волн в экономическом развитии, учитывающей реальное взаимодействие всех указанных подсистем Сергей Глазьев разработал концепцию технологических укладов [Глазьев, 1993]. Исходной предпосылкой этой концепции явилось известное свойство технологической сопряженности производств, связанных в технологические цепочки изготовления конечной продукции. Основная идея концепции технологических укладов (ТУ) заключается в том, что технологическая сопряженность порождает синхронность в эволюции образующих воспроизводящую целостность производств, что и создает материальную основу циклических колебаний. ТУ является самовоспроизводящейся целостностью, вследствие чего технологическое развитие экономики не может происходить иначе как путем последовательной смены технологических укладов: **жизненный цикл** каждого ТУ зависит от закономерностей формирования траекторий развития соответствующих базисных технологий. При этом период доминирования ТУ определяет продолжительность соответствующего БЦК.

Исходя из всего этого С. Глазьев сформулировал закон естественной смены доминирующих ТУ, которые происходят примерно в 30-40 лет. Каждой такой смене предшествует технологический и экономический кризис. Таким образом, именно смена ТУ является результатом волн базисных инноваций, которые распространяются из эпицентров авангардных стран и лидирующих отраслей экономики, радикально меняют технологическую структуру экономики и служат основой для формирования повышательной стадии Кондратьевских циклов. С. Глазьевым были описаны структуры и параметры пяти ТУ, соответствующих пяти БЦК и дан первый прогноз ядра шестого ТУ, основанного на нанотехнологиях [Глазьев, Харитонов 2009].

**Молодой исследователь.** Информационные технологии, которые стали одним из ключевых базисных технологий 5-го ТУ, также входят в ядро базисных технологий грядущего 6-го ТУ. Какое место они займут теперь в технологической структуре нового уклада?

**Аскар Акаев.** Это очень важный вопрос. Прежде чем на него ответить, напомним еще об одном замечательном наблюдении профессора М. Хирооки. Он обнаружил, что отдельные базисные инновации распространяются за пределы одного БЦК к следующему циклу (см. рис. 3), способствуя появлению новых инфраструктур и сетей, формируя более длинную траекторию развития, которую М. Хироока назвал инфратраекторией, а



соответствующие „ключевые базисные инновации” — магистральными или ствольными. Магистральные инновации распространяются, создавая сначала новые рынки, но затем их потенциал расширяется, чтобы образовать новую инфраструктуру в экономике, способствуя ускорению процесса диффузии новых базисных технологий и инновационных продуктов на рынки. Например, основным магистральным инфраструктурным нововведением для 4-го БЦК стали компьютерные технологии, вызвавшие к жизни микроэлектронику, цифровой мир, программный продукт, Интернет и т.д., которые тесно взаимодействуют, усиливая и обогащая друг друга, а также порождая синергетический эффект. Информационные технологии, как показал М. Хироока, как раз и служат магистральными инфраструктурными технологиями для 6-го БЦК и будут способствовать внедрению инноваций на основе нано-, био- и когнитивных технологий, а также 3D-печати и Интернета вещей.

Информационная или шире информационно-коммуникационная (ИКТ) технологическая революция уже состоялась. Компьютерные сети и Интернет стали становым хребтом всего современного общества по всему миру. Интернет стал весьма существенным фактором увеличения производительности и конкурентоспособности, делая возможным распространение новых сетевых форм организации бизнеса, а через него и новой сетевой экономики. В последнее время, наиболее развитые страны взяли курс на развитие «Интернета интеллектуальных вещей», благодаря разработке и продвижению технологий мобильного Интернета. Компьютерные технологии обеспечили современные успехи в геномной инженерии, которые радикальным образом изменили традиционное сельское хозяйство, а теперь открывают столь же революционные возможности в медицине. В настоящее время достаточно очевидна доминирующая роль ИКТ в шестой длинной волне Кондратьева и в ускорении темпов экономического развития, за которыми следуют достижения в области нано- и биотехнологий, геномной инженерии и регенеративной медицины, создания новых материалов и освоения альтернативных источников энергии. ИКТ обеспечивает ускорение процессов создания инновационных товаров и услуг на основе NBIC-технологий, а также их производства с помощью 3D-печати и сбыта готовой продукции.

**Молодой исследователь.** Расскажите подробнее об Интернете интеллектуальных вещей. Какие новые возможности он открывает для человека, общества и экономики?

**Аскар Акаев.** Рождению Интернета интеллектуальных вещей или просто Интернету вещей способствовали прорывные успехи в развитии по-настоящему умных мобильных устройств связи и обработки информации, сенсорных технологий и программного обеспечения. Решающими событиями стали выпуск компанией Apple в 2007г. мобильного устройства под названием iPhone, а в 2010г. – iPad, которые изменили ситуацию в информационном пространстве коренным образом и дали старт созданию Интернета вещей. Эти смартфоны попали в руки масс и оказалось, что, подключившись с их помощью к Интернету можно оперативно общаться с партнерами и весьма успешно вести дела, пользуясь эффективными Интернет-технологиями. Сегодня в мире уже используется свыше 3 млрд. смартфонов, примерно столько же, сколько пользователей Интернета насчитывается в мире. Таким образом, можно говорить о начале эры мобильных устройств. Итак, именно подключенность к Интернету и мобильность стали ключевыми признаками в появлении Интернета вещей.

Но что еще важнее, оказалось, что iPhone и iPad могут подключаться не только к Интернету, но и к любым внешним устройствам и в том числе к сенсорным датчикам, что еще более расширяет функции и возможности этих смартфонов. Например, это могли быть системы оповещения, терморегулятор, холодильник и другие бытовые приборы, что

позволяет управлять их состоянием с помощью смартфона находясь вдали от дома. При подключении внешних устройств (любых вещей) к Интернету и смартфонам, важную роль играет известный протокол TCP/IP, с помощью которого соединяют между собой компьютеры и компьютерные сети. В последние годы на основе IP-адреса были разработаны различные платформы для подключения внешних устройств (вещей). Каждой подключенной к Интернету вещи присваивается IP-адрес и идентификационный номер. Последний реализуется с помощью радиочастотной идентификации с использованием активных или пассивных меток. Радиочастотная идентификация – это технология, позволяющая физическим объектам вступить в цифровой мир. Эта технология основана на микрочипах, которые собирают информацию с сенсорных устройств и датчиков, встроенных в подключенные вещи, или же совмещающие обе эти функции.

Все подключенные устройства получают возможность обмениваться данными, поэтому Интернет вещей позволяет дистанционно управлять ими на любом расстоянии. Причем, по мере того, как вещи под управлением человека будут становиться умнее, что возможно благодаря способности интеллектуальных компьютеров самообучаться, потребность в участии человека в процессах принятия решений и управления будет снижаться. Можно не сомневаться, что подключенные устройства и системы повысят уровень автоматизации и удобства эксплуатации. В случае, когда подключаемые устройства представляют собой производственные машины и оборудования, а также 3D-принтеры для печатания различных изделий и товаров, мы имеем дело с промышленным Интернетом или Интернет-индустрией. Интернет-индустрия открывает широчайшие возможности для производства высококачественных и относительно дешевых товаров с учетом индивидуальных предпочтений и вкусов потребителей.

**Молодой исследователь.** Замечательно. Осталось неясной только роль датчиков и сенсорных устройств в Интернете вещей, хотя Вы сказали, что прогресс в их развитии сыграл важное значение?

**Аскар Акаев.** Датчики и/или сенсорные устройства, как образно их назвал Сэмюэл Грингард [*Грингард, 2016, стр. 124*] – это глаза, уши, нос и пальцы Интернета вещей. Действительно, именно они являются поставщиками данных, которые позволяют Интернету вещей управлять процессами в реальном мире. Пользователи смартфонов знают хорошо, что последние могут видеть, слышать и чувствовать на базовом уровне. Для этого у них имеются встроенные видеокамеры, микрофоны, ГЛОНАСС (GPS) – навигаторы, акселерометры, гироскопы и другие датчики. Совместно с программным сервисом по анализу данных они создают интеллект смартфона, превращая его по сути в многофункциональный интеллектуальный мобильный компьютер. В ближайшие годы смартфоны к тому же будут распознавать и идентифицировать запахи и вкусы, а также учитывать контекст событий. Так, например, компания Adamant Technologies из Сан-Франциско разработала микропроцессор, снабженный 2000-ми микродатчиков для определения различных оттенков аромата, запахов и вкуса, что значительно превосходит 400 рецепторов, которыми оснащен нос человека. Естественно, что это произведет революцию в деле производства и хранения продуктов питания, а также – ресторанном деле.

Возвращаясь к датчикам, следует отметить весьма плодотворное использование модулей ГЛОНАСС (GPS), которые определяют с помощью навигационных спутников координаты точки, где в данный момент находятся интересующие вас самолеты, корабли, поезда и автомобили, и отслеживают всю траекторию их перемещения в воздушных и водных просторах, и на земле. А навигационные системы в автомобилях сообщают о загруженности дорог на основе спутниковых и сенсорных данных.

Следствием того, что миллиарды смартфонов, планшетов, ноутбуков и других подключенных вещей генерируют постоянно растущие колоссальные объемы данных, которые необходимо оперативно сортировать, идентифицировать и распределять по базам данных для дальнейшего использования, стало появление «Больших данных». Такое название объясняется тем, что объемы данных, с которыми приходится иметь дело в Интернете вещей, на порядки превышают те размеры данных, с которыми приходилось оперировать раньше. В целом, объемы данных ежегодно увеличиваются приблизительно на 50%, т.е. удваиваются каждые полтора года. Для анализа и обработки «Больших данных» потребовались новые высокоэффективные технологии распределенных вычислений, а их программная реализация – «облачных технологий» или «облачных сервисов».

**Молодой исследователь.** В последнее время вновь заговорили о создании искусственного интеллекта и даже скором наступлении технологической сингулярности. В какой степени на Ваш взгляд, все это реализуется в ближайшие десятилетия?

**Аскар Акаев.** Действительно, в последнее время появилось много книг, например, [*Форд, 2014; Баррат, 2015; Курцвейл, 2015*], и, великое множество научных и популярных статей, в которых специалисты и эксперты в сфере компьютерных технологий утверждают, что уже в ближайшие десятилетия компьютеры сравняются, а затем обгонят людей по своим интеллектуальным возможностям. Рэй Курцвейл, выдающийся изобретатель и футуролог, успешно предсказавший многие достижения в области компьютерных технологий в прошлом, сегодня достаточно категорично заявляет о том, что компьютеры сравняются по уровню интеллекта с человеком уже к 2029 г. Несмотря на то, что большинство специалистов полагает, что это случится ближе к середине XXI века, нет никаких сомнений в том, что уже в ближайшие годы компьютеры и роботы станут гораздо более функциональными и эффективными во многих сферах человеческой деятельности, требующих решения типовых задач.

То, что компьютерам еще далеко до интеллекта человеческого уровня свидетельствует тот факт, что до сих пор не удается научить компьютеры решать две ключевые задачи, которые человеческий мозг выполняет автоматически, без всякого труда — это распознавание образов и следование здравому смыслу. Но, вместе с тем, благодаря огромному быстродействию и возможности в реальном времени анализировать сверхбольшие объемы данных, компьютеры уже научились обыгрывать чемпиона мира по шахматам и побеждать лучших в мире знатоков — энциклопедистов, участвующих в телевикторинах.

Однако, в последнее время произошел революционный прорыв в разработке той области искусственного интеллекта (ИИ), которая посвящена пониманию естественного языка. В результате появились разговорные интерфейсы высокого уровня, благодаря которым люди могут общаться с компьютерами с помощью текстовых сообщений и получать ответы на естественном языке. Такие интерфейсы получили название чат-ботов. Специализированные боты-ассистенты с ИИ, способные понимать и отвечать на текстовые сообщения, вызвали огромный интерес различных компаний и организаций. Они позволяют круглосуточно общаться с клиентами, давая развернутые ответы на интересующие их вопросы, а также оптимизировать время сотрудников.

Такие интерфейсы могут найти широкое использование в роботах-консультантах или роботах-эдвайзерах, предоставляющих услуги автоматического управления средствами частных инвесторов. Первые роботы-эдвайзеры появились в США еще в 2008 г. Они получили широкое распространение в Канаде и Австралии. В 2015 г. стоимость активов под управлением таких роботов оценивалась в 50 млрд. долларов. Такие роботы либо консультируют клиента по вопросам инвестирования, либо с его согласия управляют

его инвестиционным портфелем по собственному усмотрению. Конечно, пока предпочтение отдается гибридной форме консультирования, когда специалисты принимают решение с учетом рекомендации компьютера. Привлекательность таких сервисов, снабженных разговорными интерфейсами, для финансовых организаций состоит в том, что они могут позволить предоставлять недорогие консалтинговые услуги большому числу клиентов.

Успешные примеры шахматных компьютеров показали, что возможна автоматизация большинства профессий умственного труда, требующих решения типовых задач. Такие профессии называют теперь «программируемыми профессиями» [Форд, 2014]. К ним относятся секретари и делопроизводители, банковские и почтовые служащие, и даже сферы, требующие относительно высокого уровня образования и навыков, такие как образование, медицина и юриспруденция. К конкретным примерам, относящимся к последним сферам, можно привести успешную автоматизацию труда в таких профессиях как рентгенология и юриспруденция. Для того, чтобы стать юристом или рентгенологом, нужно иметь высшее образование и ученую степень. Известно, что рентгенологи и юристы хорошо зарабатывают: Но ничто не сможет сдерживать автоматизацию. На мой взгляд в ближайшие 10-20 лет интеллектуальные компьютеры будут осваивать и усовершенствовать указанные сферы деятельности. Результатом будет массовое сокращение рабочих мест со средней квалификацией, занимаемых сегодня основной частью среднего класса.

Беда человека с «программируемой» профессией заключается в том, что его рано или поздно можно заменить компьютером. А массовая автоматизация умственного труда опасна тем, что выпускники школ перестанут выбирать профессии, связанные с высококвалифицированным умственным трудом и начнут выбирать рабочие специальности, такие как автомеханика или сантехника, которые трудно автоматизировать. А общество, в котором не востребовано высшее профессиональное образование, теряет таланты, в которых мы все больше и больше будем нуждаться в будущем.

Искусственный интеллект, сравнимый с человеческим интеллектом, по мнению большинства экспертов, будет создан к середине века. Однако, Рэй Курцвейл прогнозирует, что уже к 2045 г. проявится технологическая сингулярность, когда появится компьютерный сверхразум, в тысячу и даже миллионы раз превосходящий интеллект человеческого уровня. В создании сверхразума человек уже не будет принимать участия, он станет продуктом эволюционного развития ИИ. Причем, скачок от ИИ человеческого уровня к сверхразуму может произойти стремительно, поскольку технологическая эволюция в сфере информационных и когнитивных технологий происходит, по утверждению Курцвейла, по экспоненциальному закону. Когда появится сверхразум, человеческая история достигнет точки сингулярности — дальше события в мире выйдут за пределы человеческого понимания и нам невозможно будет предсказать дальнейший ход истории.

Сверхразум может представлять угрозу существованию человечества более серьезную, чем атомное оружие [Баррат, 2015], невозможно даже представить себе каким образом существа в тысячу раз умнее нас захотят уничтожить человечество. Поэтому крайне важно, чтобы ученые, которые сегодня разрабатывают различные элементы ИИ, с самого начала закладывали в них механизмы, которые гарантировали бы их дружелюбие по отношению к человеку. Но уже сегодня, к великому сожалению, имеется большой список вооруженных роботов и беспилотных дронов-убийц с элементами ИИ предназначенных для распознавания назначенных врагов и их уничтожения без участия человека. Необходимо прекратить работы в этом направлении и объявить их вне закона.

**Молодой исследователь.** Какое место в нашей жизни займет Интернет вещей?

**Аскар Акаев.** Интернет вещей постепенно занимает важное место в жизни и деятельности современного человека. Основными компонентами Интернета вещей стали технологии дополненной реальности, 3D-печати, сенсорных сетей и облачных вычислений. В 2015г. к Интернету было подключено 15 млрд. устройств. Ожидается, что к 2020 г. это число вырастет до 30 млрд, 75% из которых будут мобильными. Из них 1,5 млрд. придется на потребительскую электронику и умные самодвижущиеся автомобили, обменивающиеся друг с другом данными по сотовым сетям. Одна из важных сфер приложения Интернета вещей, в которой эта технология может принести большую пользу обществу, это медицина. Развитие телемедицины, удаленной диагностики и хирургии дадут возможность оказания эффективной и качественной медицинской помощи в отдаленных регионах или чрезвычайных ситуациях. Это также снизит расходы на медицинское обслуживание для пациентов, даст им возможность получить консультации от лучших врачей и передовое медицинское обслуживание в тех регионах, где нет квалифицированных специалистов.

Появление краудсорсинговых платформ, в частности Grow Med, позволило лечащим врачам проводить консультации с профессиональными экспертами со всего мира по интересующему их в данный момент времени острому вопросу и получать ответы в считанные минуты или часы. Что еще важнее, краудсорсинг снимает барьеры, ранее определявшие любителей или даже начинающих специалистов от опытных профессионалов. Поэтому краудсорсинг особенно вдохновляет любителей и дилетантов, которые рассматривают его как способ подключения к знаниям и опыту, которые раньше приходилось осваивать трудами и потом, накапливая их по крупицам многие годы. К счастью большинства, все-таки пока остается в силе последнее, поскольку если человек не накопил своим трудом критический уровень знаний и умений, то никакой краудсорсинг ему не поможет. Но специалисту он поможет.

В качестве успешного примера применения робота-хирурга можно привести американский робот Da Vinci, специализирующийся на операциях простаты. В США сегодня около трех тысяч подобных роботов, а в Европе - свыше тысячи. Начиная с 2011 г. свыше 85% всех операций у больных раком простаты в США выполняется с помощью робота Da Vinci. Причем, что важно, за роботическую операцию голосуют сами пациенты, поскольку она обеспечивает новое качество жизни. Кстати в России создается свой отечественный робот-хирург, который по своим характеристикам значительно превзойдет Da Vinci.

**Молодой исследователь.** Робототехника также активно приобретает элементы ИИ. Каковы на Ваш взгляд перспективы практического использования продвинутых роботов в других сферах?

**Аскар Акаев.** Робототехника с элементами искусственного интеллекта относится к одной из самых динамичных и быстроразвивающихся отраслей, порожденных четвертой индустриальной революцией. Недавнее появление термина «четвертая индустриальная революция» символизирует, что внедряющиеся сегодня базисные технологии такие как робототехника с элементами ИИ, «Интернет вещей», 3D-печать и др., приравниваются по своему историческому значению к трем предыдущим технологическим революциям: паровой, электрической и информационной (или микроэлектронной). Причем, робототехника является одной из ключевых технологий новой промышленной базы, уже получившей название «Индустрии 4.0».

Роботы с примитивными формами интеллекта уже широко применяются в атомной, нефтегазовой, химической и военной сферах, в условиях, которые представляют

смертельную опасность для человека. Например, подобные роботы активно применялись японцами при ликвидации аварии на атомной станции Фукусима, вызванной цунами. Но сегодня речь идет уже о более высоких формах интеллекта. Например, уже широко известно, что Google и др. ведущие компании мира создают интеллектуальный автомобиль, способный без водителя передвигаться по улицам городов. Создание такого самодвижущегося беспилотного автомобиля стало возможным благодаря разработке «умной» программы управления, которая содержит продвинутые элементы ИИ, а также совершенно надежные и точные датчики движения – радары, лидары, акселерометры, гироскопы и навигаторы.

Для иллюстрации возможностей нового поколения роботов с элементами ИИ, рассмотрим три сферы их применения. Первый пример касается автоматизации складских работ, которая началась давно еще на заре зарождения робототехники. Последним словом в этой сфере стали роботы «Кива», созданные американской компанией Kiva Systems. Они предназначены для того, чтобы быстро передвигаться по большим складам, находить стеллажи с нужными товарами, выбирать тот, который заказан, и доставлять его упаковщикам. Склад, укомплектованный роботами «Кива», может обработать в четыре раза больше заказов, чем такой же неавтоматизированный склад, на котором сотрудники тратят до 70% времени на ходьбу за товаром, проходя зачастую более 15 км. за рабочую смену. Естественно, что в автоматизированных складах уже трудятся меньше людей, в основном сортировщики и упаковщики. Сегодня главный вопрос для складских компаний состоит пока еще не в том, как заменить людей на роботов «Кива», а в том, как добиться более эффективного сочетания их труда. Например, в складах крупнейшей компании сетевой торговли Amazon, широко использующей роботы «Кива», люди занимаются сортировкой и упаковкой товаров, а роботы - перемещением грузов. Роботы особенно востребованы там, где есть необходимость перемещения или перевозки больших тяжестей или опасных грузов. Люди все еще лучше справляются в условиях с меняющимся окружением и лучше реагируют на неожиданные события. Поэтому наиболее целесообразная стратегия на ближайшее будущее та, когда подобные роботы работают с людьми, чем сами по себе.

Другой пример можно привести из сферы промышленного производства. Промышленный робот «Бакстер», созданный американской компанией Rethink, может совершить революцию на конвейерном производстве. Он вполне пригоден для замены рабочих на многих сборочных производствах. Он может видеть объекты, понимать поставленные задачи и адаптироваться к меняющимся условиям. Он гибкий и легко обучаемый. Робот «Бакстер» показал, что он способен делать все, что делает обычный рабочий, соблюдая при этом все правила безопасности. Эксперты ожидают, что к 2025 году более 300 млн. квалифицированных рабочих будут работать на современных производствах в паре с интеллектуальными роботами типа «Бакстер». Робот «Бакстер — это один из наиболее дружелюбных и многоцелевых роботов, созданных для работы с людьми. Важно, что у «Бакстера» есть лицо и двигающиеся глаза, благодаря чему он может выразить свое дружелюбие. Кроме того, они предназначены для того, чтобы взять на себя скучные, однообразные действия, которые люди не хотят выполнять. Робот стоит всего 20 тыс. долларов, а это средняя годовая з/п рабочего на заводах в США. Но он способен работать все три смены в сутки, т.е. 24 часа. Со временем, вполне естественно, подобные роботы станут более интеллектуальными и начнут вытеснять более дорогостоящий человеческий труд в самых трудоемких отраслях, требующих квалифицированного труда.

Человекообразные роботы-андроиды притягивают сегодня все больше внимания. В Японии, например, роботы вообще часто рассматриваются как средство, позволяющее облегчить жизнь растущего числа пожилых людей. Планируется, что они будут кормить

престарелых, убирать за ними и скрашивать их последние дни жизни. Весьма симпатичный робот «Асимо», похожий на мальчика, разрабатывался японской компанией Honda именно с целью оказывать помощь по дому пожилым людям. Человеческие формы и умения лучше всего подходят для робота, предназначенного для работы с людьми в человеческом жилище. Возможности «Асимо» впечатляют: он может ходить, бегать, подниматься и спускаться по лестнице, включать свет, подметать мусор, манипулировать кастрюлями и сковородками. Он может ориентироваться в помещении, обходить комнаты, собирать чашки и подносы, отзываться на простые команды и даже разговаривать. «Асимо» - конечно же, современное чудо инженерной мысли и мастерства программистов.

И, наконец, рассмотрим компьютерную систему «Ватсон» или робот «Ватсон» знаменитой компании IBM, который разрабатывался с целью использования интеллектуальных вычислительных технологий в таких высокопрофессиональных сферах, как медицина, финансы и работа с клиентами. Робот «Ватсон» использует методы искусственного интеллекта и усовершенствованную обработку естественного языка при анализе больших объемов данных, взятых из множества различных доступных источников информации по избранной сфере применения. Благодаря огромной вычислительной мощности, "Ватсон" способен быстро проанализировать горы информации, чтобы отыскать нужную. Робот «Ватсон» прославился громкой победой в американской телевикторине «Джеопарди» в 2011 г., когда он, пользуясь человеческим языком обыграл двух лучших в мире знатоков этой викторины. При этом ему пришлось разбираться практически во всех областях человеческой интеллектуальной деятельности, таких как наука и техника, история и литература, искусство и др., выискивая ответы на заданные вопросы среди миллионов страниц «Википедии» и других энциклопедий.

Улучшенные возможности «Ватсона» по обработке естественного языка и больших объемов данных привлекают внимание финансовых организаций и банков. Например, банки хотят использовать его для работы с клиентами, предполагая, что он сможет говорить с большинством клиентов и давать им конкретные ответы на самые сложные финансовые вопросы. Но все же первый и наиболее привлекательный опыт использования робота «Ватсона» состоялся в медицине, хотя говорить о рождении полноценного «доктора Ватсона» еще рановато. «Ватсон» оказался способен хорошо ориентироваться в море медицинских журналов и энциклопедий, а также использовать знания врачей, использующих систему, и срочно прийти на помощь врачу в постановке диагноза, выбора метода и средств лечения. Он также оказался незаменим, когда надо быстро отвечать многочисленным пациентам, звонящим на линию поддержки. Но все же, «Ватсон» еще не обладает той интуицией, которая присуща живому врачу и которая играет ключевую роль в постановке диагноза болезни и методов его лечения.

**Молодой исследователь.** Вы описали впечатляющие возможности, которые открывают перед человечеством инновационные и интеллектуальные технологии, порожденные четвертой индустриальной революцией. А какую из проблем, связанных с новыми революционными технологиями, Вы считаете наиболее опасной?

**Аскар Акаев.** Наиболее острой проблемой, вызванной к жизни продвинутыми в интеллектуальном отношении технологиями, порожденными четвертой индустриальной революцией, на мой взгляд, является проблема массовой безработицы, которая вскоре начнет расти по экспоненте. До сих пор считалось, что машины могут выполнять исключительно низкоквалифицированный труд, а теперь они будут в состоянии делать квалифицированную работу, требующую подготовки и обучения, мастерства и профессионализма. Мы уже говорили об интеллектуальных роботах и разумных компьютерах, способных выполнять работу средней квалификации в таких сферах как

финансы, медицина и юриспруденция, о роботах-шахматистах, хирургах, консультантах, рабочих и грузчиках, а также об андроидах, оказывающих помощь пожилым людям на дому. Все они будут постепенно отбирать работу у «синих» и «белых» воротничков, т.е. у представителей среднего класса со средней квалификацией. Вместе с тем будет расти спрос на высококвалифицированную работу, требующую эффективного использования продвинутых компьютеров и роботов, а также на работу, не требующую особых знаний и навыков (служащие в ресторанах, уборщики и т.п.), но которую трудно автоматизировать. В конечном счете новая системная безработица может овладеть широкими слоями населения с различным уровнем образования и доходов: от рабочих с неполным средним образованием до представителей высокообразованной бизнес-элиты.

С одной стороны, это трагедия для представителей среднего класса. Ведь большая часть среднего класса видит смысл жизни и собственной значимости в работе, за которую они получают зарплату. Отнимите у них работу и доход — получите миллионы несчастных людей, без всяких надежд на будущее. С другой стороны, конкуренция за рабочие места с компьютерами и роботами будет препятствовать росту оплаты труда рабочих и служащих, тогда как владельцы капитала будут получать растущую долю доходов. А это, свою очередь приведет к разделению рынка труда на большой малооплачиваемый сегмент и тонкий слой высококвалифицированных топовых специалистов. В результате будет происходить поляризация рабочей силы и постепенная ликвидация среднего класса, что безусловно приведет к огромной социальной напряженности. Но самая главная проблема заключается в том, что сама рыночная экономика не сможет функционировать без жизнеспособного рынка труда. Ведь именно труд — основной механизм распределения дохода, а значит, и покупательской способности между людьми. Если в какой-то момент компьютеры и роботы заменят людей на большинстве рабочих мест, то резко упадет потребительский спрос и обрушит саму экономику. А это проблема, для решения которой требуется новая социально—экономическая парадигма. Однако большинству экономистов и политиков, мысль о том, что технологии когда-нибудь заменят большую часть труда человека и приведут к постоянной системной и массовой безработице, кажется невероятной. По мнению большинства классических экономистов, в долгосрочной перспективе технологическое развитие, как и в прошлом, ведет к увеличению процветания и созданию большего количества рабочих мест. Как справедливо отмечает Мартин Форд: «Такое убеждение практически превратилось в экономический закон. Тех же, кто подвергает сомнению этот «закон», называют неолуддитами. И это вовсе не комплимент» *[(Форд, 2014)].*

Однако, отдельные ученые убеждены в том, что все указанные тенденции на рынке труда уже четко сформировались и даже могли в значительной степени стать причиной нынешнего финансово-экономического кризиса в развитых странах. К их числу относятся профессор школы менеджмента им. А. Слоана при Массачусетском технологическом институте (МТИ) Эрик Бриньолфссон и его сотрудник Эндрю Макафи, которые убеждены в том, что нынешний технический прогресс разрушает рабочие места быстрее, чем создает их, содействуя стагнации медианного дохода и росту неравенства в США *[Brynjolfsson and McAfee, 2013]*. В доказательство этого утверждения они приводят траектории роста производительности труда и общей занятости в США, которые в послевоенные десятилетия шли рядом, но начиная с 2000-х годов начали расходиться, причем наблюдается стагнация занятости, тогда как производительность продолжает расти. К 2011 г. между двумя линиями появился значительный разрыв, демонстрирующий экономический рост без сопутствующего роста вновь создаваемых рабочих мест. Они также показывают другой график, из которого следует, что, несмотря на стремительный рост ВВП, медианный доход прекратил свой рост уже в 1990-е годы. Исходя из этого



Э. Бриньольфссон и Э. Макафи считают, что технический прогресс по-прежнему увеличивает производительность и делает общество богаче, однако теперь он уничтожает потребность во многих видах труда и увеличивает неравенство доходов в обществе. Они показали, что в США в период с 1975 по 2005 гг. ВВП на душу населения выросло в 2 раза, тогда как реальные доходы населения увеличились всего лишь на 22%. Выросла структурная безработица.

Некоторые эксперты прогнозируют, что в ходе четвертой индустриальной революции в США может исчезнуть 47% рабочих мест за одно поколение, т.е. каждый второй американец в трудоспособном возрасте останется без работы. И это может случиться уже в 2040-е годы. Можно сравнить это с нынешней ситуацией, когда уровень безработицы составляет всего 5%, и понять какие социально-политические последствия это вызовет.

**Молодой исследователь.** Как Вы оцениваете шансы России в освоении технологий «Индустрии 4.0»?

**Аскар Акаев.** У России есть хороший шанс успешно совершить четвертую индустриальную революцию, опираясь на инновационно-технологический прорыв на повышательной волне грядущего шестого большого цикла Кондратьева в развитии мировой экономики, который начинается предположительно в 2018 г. и продлится до середины века. Россия сегодня располагает достаточными ресурсами для решения этой грандиозной задачи и, в первую очередь, все еще сохранившимся высоким научным потенциалом и огромными человеческими ресурсами высочайшей квалификации. Требуется твердая ориентация на стратегию инновационно-технологического прорыва, на формирование инновационной базы экономики, активная государственная поддержка научных коллективов, работающих в тех приоритетных направлениях новой технологической революции, где имеется научно-технический потенциал для прорыва. Причем, Россия способна совершить инновационно-технологический прорыв, ориентируясь не на западные разработки, а путем самостоятельного опережающего освоения базисных технологий шестого уклада [Глазьев, 2010] на основе собственного уникального научно-технологического задела.

Действительно, к примеру, у истоков создания полупроводниковых наноструктур стоял выдающийся российский физик лауреат Нобелевской премии академик Алферов Ж.И., а за пионерские работы в разработке теории сверхпроводников Нобелевской премии был удостоен другой выдающийся российский физик, академик В.Л. Гинзбург. Кстати и в области технологии уникальных сверхпроводников российские физики удерживают лидерство. А нанoeлектроника будет играть ключевую роль в дальнейшем развитии информационных и компьютерных технологий. В области лазерных технологий, которые были впервые созданы советскими физиками лауреатами Нобелевской премии Н.Г. Басовым и А.М. Прохоровым, российские ученые также являются одними из лидеров в мире. А лазерные технологии сегодня играют ключевую роль в технологии 3D-печати. Российские ученые лидируют в области разработки и создании уникальных наноматериалов для авиационной и космической техники. Россия также имеет опыт весьма успешной организации и реализации проектов, таких как атомный и космические проекты.

В 1950-е годы прошлого столетия СССР совершил инновационно-технологический прорыв в освоении и распространении достижений четвертого технологического уклада. Это позволило модернизировать советскую экономику, занять лидирующие позиции в ряде направлений научно-технической революции середины века и достичь военно-технического паритета с США и Западом в целом. Однако в последующем, по ряду причин, инновационная активность стала угасать, энергия прорыва была утеряна.

Запоздание с освоением технологических инноваций пятого уклада (1980-е годы) явилось немаловажной причиной краха советской экономики и развала СССР. Россия как великая держава должна иметь в структуре своей экономики преимущественно высокотехнологичную наукоемкую промышленную отрасль. Поэтому России необходимо обеспечить ускоренное развитие обрабатывающих отраслей на высокотехнологичной основе, что как раз и реализуется путем активной промышленной политики, основанной на стратегии инновационно-технологического прорыва. Сейчас, в начале подъема шестого БЦК для этого наступил самый подходящий момент. России нельзя упустить этот шанс.

**Молодой исследователь.** Как лучше и плодотворно могут освоить новые революционные базисные технологии представители нашей молодежи?

**Аскар Акаев.** Народная мудрость гласит «Знание - сила» и «Век живи - век учись». Поэтому молодежь прежде всего, должна позаботиться о получении хорошего фундаментального образования. Выбор профессии также будет иметь значение. Выше мы говорили, что мир переживает очередной этап эволюции рынка труда, вызванный переходом к высокотехнологичной и наукоемкой экономике, при котором основная рабочая сила будет сконцентрирована в SIEM-отраслях, а значит возрастает потребность в высококвалифицированных специалистах в областях математики и программирования, компьютерной и информационной технологий, робототехники и инженерии, искусственного интеллекта и др.

Важнейшей компонентой успеха инновационно-технологического прорыва являются высококвалифицированные инженерно-технические кадры и рабочая сила. Наличие квалифицированных инженеров и рабочих позволяет предприятиям внедрять новые технологии, осваивать инновационные продукты. Для предстоящего инновационно-технологического прорыва нужны инженерные кадры, способные к самопрограммированию, способные быстро перестроиться под нужды новых производств и новых сфер деятельности. В этой связи очевидно, что сегодня требуется качественное совершенствование подготовки инженерно-технических кадров, а также в сфере естественных наук. Ну и, конечно же, становится чрезвычайно важной возможность и способность молодежи к постоянному повышению квалификации и переквалификации, в полном соответствии с народной мудростью «Век живи — век учись».

## Литература к пятой главе

**Акаев А.А., Рудской А.И. 2014.** Синергетический эффект NBIC-технологий и мировой экономический рост в первой половине XXI века // Экономическая политика, №2, с.25-46.

**Акаев А.А., Рудской А.И. 2015.** Экономический потенциал базисных технологий восходящего 6-го большого цикла Кондратьева (2018-2050гг.) и его социальные последствия. Санкт-Петербург: Издательство политехнического университета.

**Баррат Джеймс. 2015.** Последнее изобретение человечества. Искусственный интеллект и конец эры Homo Sapiens. М.: Альпина нон-фикшн.

**Глазьев С.Ю. 1993.** Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: Владар.

- Глазьев С.Ю. 2010.** Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. М.: Экономика.
- Глазьев С.Ю., Харитонов В.В. 2009.** Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. М.: Тривонт.
- Гордон Р.Дж. 2013.** Закончен ли экономический рост? Шесть препятствий инновационного развития (на примере США). Вопросы экономики, №4, с.49-67.
- Грингард Сэмюэл. 2016.** Интернет вещей. М.: Альпина Пабlishер.
- Кондратьев Н.Д. 2002.** Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. М.: Экономика.
- Кузнец С. 2005.** Современный экономический рост: результаты исследований и размышлений / Политикам об экономике. М.: Современная экономика и право, с.142-160.
- Курцвейл Рэй. 2015.** Эволюция разума. М.: Издательство «Э».
- Ришар Ж.-Ф. 2006.** На переломе: Двадцать глобальных проблем – двадцать лет на их решение. М.: Ладомир.
- Форд Мартин. 2014.** Технологии, которые изменят мир. М.: «Манн, Иванов и Фербер».
- Хейнберг Р. 2013.** Конец роста. Новая экономическая реальность. М.: Книжный Клуб Книговек.
- Шумпетер Й. 1982.** Теория экономического развития. М.: Прогресс.
- Яковец Ю.В. 2004.** Эпохальные инновации XXI века. М.: Экономика.
- Яковец Ю.В. 2010.** Великая научная революция XXI века. М.: МИСК.
- Brynjolfsson E. and McAfee A. 2013.** How Technology Is Destroying Jobs. MIT Technology Review, July/August.
- Hirooka M. 2006.** Innovation Dynamism and Economic Growth. A Nonlinear Perspective. - Cheltenham, UK-Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Mensch G. 1979.** Stalemate in Technology-Innovations Overcome the Depression. – New York: Ballinger Publishing Company.
- Roko M.C. 2011.** The long view oh nanotechnology development: The National Nanotechnology Institute at 10 years // Journal Nanopart Res., №12, pp.427-455.
- Shumpeter J.A. 1939.** Business Cycles – New York: McGraw-Hill.