

## ЧЕТВЕРТАЯ И ПЯТАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕВОЛЮЦИИ

*«Есть только два способа прожить жизнь: первый — будто чудеса не существует, второй — будто кругом одни чудеса»  
А. Эйнштейн*

Первая промышленная революция на базе угля (18-й век) и Вторая промышленная революция на базе нефти (2-я половина 19-го века) и газа (позднее, начало 20-го века) фундаментально изменили жизнь и труд человека и преобразили облик планеты. Однако эти две революции привели человечество к пределу развития. Впервые в истории сдвинулись со стационарных уровней важнейшие показатели состояния биосферы, а именно: резкое ухудшение качества воздуха, воды, продуктов питания, здоровья населения и защиты его от инфекций; уменьшение биоразнообразия (вымирание многих видов растений и животных); глобальное изменение климата; достижение предела водных, пищевых, сырьевых и энергетических возможностей биосферы; утрата нравственных ориентиров значительной частью человеческого сообщества (так называемый «феномен аморального большинства»). Памятник нашему поколению будет выглядеть, видимо, так: посреди огромного шламового отвала стоит величественная бронзовая фигура в противогазе, а внизу на гранитном постаменте надпись: **«Мы победили природу!»**. И на эти вызовы человечество ответило Третьей промышленной (точнее, уже технологической) революцией.

**Третья и четвертая технологические революции** — это концепт развития человечества, авторами которого являются два американца и один англичанин (независимо друг от друга): учёный-экономист и эколог Джереми Рифкин (Jeremy Rifkin, США) футуролог Рэймонд Курцвейл (Raymond Kurzweil, ныне вице-президент Google) и выдающийся английский физик и мыслитель Стивен Хокинг (Stephen Hawking). Но на наших глазах вступает в свои права Пятая технологическая революция (точнее - Пятый технологический уклад): это будет царство искусственного интеллекта; самообучающихся роботов; квантовых суперкомпьютеров, коммутируемых с человеческим мозгом; блокчейна; ДНК-медицины; освоения Луны и Марса и много другого, пока неизвестного.

**1) Переход на возобновляемые источники энергии (ВИЭ)** — солнце (в т.ч. гигантские солнечные электростанции, развернутые на орбите в космосе), ветер, естественные водные потоки (эти три «зелёных» ресурса часто именуют «WWS» — wind, water, sunlight). В 2016 г. вводы новых мощностей генерации на возобновляемых источниках энергии стали рекордными, составив 161 ГВт, что на 9% больше, чем в 2015 году. В общем энергобалансе мирового производства электроэнергии доля ВИЭ (с учетом гидрогенерации) выросла до 24,5% с 19,3% в 2015 году. За последние пять лет инвестиции в новые мощности ВИЭ примерно вдвое превысили вложения в традиционную энергетику и составили \$250 млрд. В ближайшие 5 лет мировой экономике предстоит пережить бум возобновляемой энергетики, и к 2020-му году 60% всей новой электрогенерации на планете будет осуществляться за счет возобновляемых источников, а суммарная выработка солнечных и ветряных электростанций составит 7,6 ТВт - эквивалент всей электрогенерации США и Евросоюза вместе взятых. Согласно данным министерства энергетики США, стоимость «зеленого» киловатта энергии после 2020 года будет одинакова с «угольным». А ведь еще есть многие иные перспективы: например, водородная энергетика (высокоэнергетический ядерный синтез, т.е. реакция дейтерия и трития при 100 миллионах градусов:  $[D + T = {}^4\text{He} + n]$ ) - сейчас такие эксперименты успешно ведут в Германии (Институт Макса Планка) на термоядерном реакторе-стеллараторе Wendelstein-7-XA, где нагретая до 50 млн °С плазма сохраняла равновесие более 100 секунд. Учтите, что 10 г дейтерия, которые можно получить из 1000 л воды, и 15 г трития, которые

могут быть получены из лития-6, достаточны, чтобы, будучи задействованными в термоядерном синтезе, обеспечить потребности в энергии одного человека на всю его жизнь - т.е. эти 10 г дейтерия могут заменить 25-30 тыс. тонн угля. Еще один путь – добыча на Луне и доставка на Землю изотопа гелий-3 и получение энергии по более «мягкой» реакции [ $^3\text{He} + \text{D} \rightarrow ^4\text{He} + \text{p}$ ]. Запасов гелия-3 на поверхности Луны насчитывают до полумиллиона тонн. Одна тонна гелия-3 во время термоядерного синтеза равна сгоранию приблизительно 15 миллионов тонн нефти, т.е. этих запасов хватит для обеспечения жизнедеятельности людей еще как минимум на пять тысяч лет. К 2030 г. США, Китай и Индия обещают освоить «лунный гелий-3».

**2) Превращение существующих и новых зданий (как промышленных, так и жилых) в мини-заводы по производству энергии** (за счёт оборудования их солнечными батареями, мини-ветряками, теплонасосами, утилизаторами тепла и т. д.). Такие дома не будут нуждаться во «внешней» энергии (так называемый «нулевой дом» — «zero house»). Например, в Евросоюзе имеется около 200 млн зданий. Каждое из них может стать маленькой электростанцией, черпающей энергию из крыш, стен, тепла выходящих вентиляционных и канализационных потоков, мусора. Так, исследователи из Лос-Аламосской национальной лаборатории разработали новое поколение люминесцентных солнечных концентраторов (LSC) большой площади на основе синтеза сверхсовременных квантовых точек, которые они смогли внедрить в прозрачный полимер для захвата энергии солнца. LSC особенно привлекательны тем, что из них можно будет изготавливать фотоэлектрические окна, которые могут превратить фасады домов в большой местный генератор солнечной энергии. Также, японские ученые создали гибкие и прозрачные солнечные панели из двухмерных материалов: двух- и трехслойных пленок из дихалькогенидов переходных металлов, которые можно устанавливать на окнах и других прозрачных поверхностях.

Новый технологический уклад для жилых и промышленных помещений — это мириады малых источников энергии от ветра, солнца, воды, геотермии, тепловых насосов, биомассы и т. д. В нескольких странах — Китае, США, ОАЭ — уже спроектировали и начали строить даже «нулевые небоскрёбы» — так, в Китае (Гуанчжоу) строится 300-метровый 70-этажный энергоэффективный небоскреб Pearl River Tower («Башня жемчужной реки»), который задуман и спроектирован как «здание нулевой энергии», то есть, оно не будет потреблять электричество из внешней сети (за счет солнечных панелей, специальных ветровых турбин, утилизации всего, что возможно, и т.д.).

**3) Развитие и внедрение технологий энерго-ресурсо-сбережения** (как производственного, так и жилого секторов) — полная утилизация остаточных потоков и потерь электроэнергии, пара, газа, воды, любого тепла, пищевых потоков, полная утилизация промышленных и бытовых отходов и др. Так, потери электричества в сетях США составляют в среднем 6,5% (это около 250 млрд кВт/час ежегодно!). Использование супер-высоковольтных (до 2000 киловольт постоянного тока) ЛЭП и замена традиционных металлических опор на подземные криогенные кабели позволят сократить потери до 1-2%. Далее, при полном переходе всего освещения на светодиоды («blue», LED - light-emitting diode, SSL - solid-state lighting) — каждые 10 млн таких ламп вместо «ламп накаливания» — позволят заменить один энергоблок АЭС или ГРЭС мощностью 1 Мегавт.

Кроме того, в США, Китае, Европе и ряде других стран набирает обороты новый мультимиллиардный технологический рынок и формируется облик энергетики будущего, назвать это явление можно «*энергетический Uber*». Если «Uber» позволяет каждому водителю поработать 2-3 часа таксистом, то в сфере энергетики такой подход означает, что каждый домовладелец сможет продавать излишки энергии на открытом рынке. Один из ключевых принципов новой энергетики — распределенная генерация, т.е. энергия должна быть максимально доступна там, где она нужна. Второй ключевой принцип — открытая сетевая структура рынка. В традиционном энергоукладе все роли чётко закреплены: есть

производители энергии, есть сети, которые её передают и распределяют, есть потребители. В новой реальности все участники процесса могут и производить, и потреблять энергию. Роль в каждый момент времени определяется только балансом в энергосистеме. Это реализуется за счет интеллектуальных сетей и повсеместного использования накопителей энергии. Они не только сглаживают разницу между производством и потреблением, но и выполняют системные задачи и обеспечивают резервирование мощностей. «Уберизация» энергетики — это, безусловно, грандиозное направление энергосбережения!

Японские исследователи разработали технологию производства экологически чистой бумаги из известняка. Известняк относится к практически неисчерпаемым горным породам. К тому же, изготовление бумаги по этой технологии не предусматривает использования воды, что облегчит вопрос нехватки водных ресурсов. Если ранее на производство тонны бумаги требовалось двадцать деревьев и сто тонн воды, то по японской технологии необходимо 1 тонна известняка и 200 кг полиолефина (полимер).

Еще один важный ресурс: исследование Продовольственной и Сельскохозяйственной организации ООН (FAO UN) показало, что каждый год в мире выбрасывается или теряется 1,3 млрд тонн (!) или треть всех производимых для потребления продуктов питания. В развитых странах более 40% потерь приходится на этапы розничной продажи и потребления (т. е. их в буквальном смысле выбрасывают в мусор либо магазины из-за истекшего срока годности, либо потребители из-за того, что попросту не успели их съесть). Сейчас появилось много non-profit организаций, забирающих такую еду из магазинов и др. мест для малоимущих. Кстати, маркировка на продуктах питания «use by» («годен до») и «best by» («лучше употребить до») не является сигналом, что пищевой продукт к указанной дате пришел в негодность, а тем более стал опасен; он всего лишь утрачивает часть вкусовых качеств.

Главное, нужно понимать, что **затраты на экономию** одного мегаватта энергии или одной тонны продуктов питания — **в десятки раз меньше**, чем для их нового производства и транспортировки!

**4) Перевод всего автотранспорта (легкового и грузового) на электротягу** (топливные элементы на сжатом или «связанном» водороде или мощный блок сверхъёмких электроаккумуляторов с быстрой перезарядкой; при этом электродвигатель будет встроен прямо в автомобильное колесо). В настоящее время в мире эксплуатируется свыше одного миллиарда ДВС — двигателей внутреннего сгорания. При этом КПД ДВС невысок — в среднем 25%, т. е. при сжигании 10 л бензина используется «по прямому назначению» только 2,5 л. А вот средний КПД электропривода — 75%, втрое выше ДВС, а термодинамический КПД топливного элемента — и вовсе около 90%. Практически все ведущие мировые автомобильные фирмы имеют хотя бы одну модель электромобиля: Toyota Rav4-EV, BMW-i3, Ford Focus Electric, Mercedes-Benz Electric Drive, Nissan Leaf, Chevrolet Volt, Renault Zoe, Citroën Berlingo и др. По итогам 2015 года спрос на электромобили в мире вырос на 60%.

Ученые в США и Китае разрабатывают новые литий-кислородные аккумуляторы, которые, в отличие от популярных литий-ионных, используют для окисления кислород воздуха. Литий-кислородные аккумуляторы имеют плотность энергии в 10 раз выше, чем у литий-ионных; кроме того, литий-кислородные батареи могут быть в 5 раз компактнее, легче и в 4-6 раз дешевле существующих аналогов. На одном заряде электромобиль с литий-кислородной батареей проедет 650 км. Ученые Королевского мельбурнского технологического института представили альтернативу современным аккумуляторам для хранения солнечной энергии. Созданный ими прототип электрода на основе графена повышает емкость систем в 50-100 раз, а также увеличивает срок хранения энергии. Конструкция нового электрода, созданного австралийскими учеными, построена по принципу фракталов — самоподобных фигур с повторяющимися паттернами. Т.е. грядет «аккумуляторная революция».

Еще один революционный «автопроект» - «Беспилотный автомобиль», над которым сейчас работают практически все крупные автомобильные корпорации, а также Google. Перед

беспилотным автомобилем открываются невероятно широкие перспективы. Только в США машина претендует на нишу с совокупной выручкой \$2 триллиона в год. Технология «автобеспилотника» имеет реальный потенциал сохранить тысячи жизней и уберечь миллионы людей от травм, равно как высвободить для экономики сотни миллиардов долларов – за счет: а) снижения числа ДТП на 90%; б) до 60% экономии времени водителей и расхода топлива за счет оптимизации пути (такой автомобиль сможет безаварийно и оптимально водить даже «блондинка из анекдота!»). То есть только для США речь идет о 30.000 спасенных жизней в год, о примерно полутора миллионах предотвращенных травм и примерно о \$500 миллиардах сэкономленных страховых и медицинских выплат, а также о вдвое меньших расходах на моторное топливо ежегодно. Также, беспилотным автомобилям не нужна парковка - на время занятости хозяина на службе его «беспилотник» поступит в аренду, например, к «Uber» и будет возить других клиентов, зарабатывая деньги не только «Уберу», но и владельцу авто. Подумайте: мы добровольно отдали миллиарду автомобилей на планете лучшие участки в городах под парковки. А теперь мы сможем вернуть их и построить там жилые дома, торговые комплексы или разбить парки!

Другие инновации: Перевод авиа- и космического транспорта на «бестопливные» технологии. Сейчас в активной разработке (которая в США курируется NASA) - лазерные фотонные ускорители, магнетронные микроволновые двигатели, установки на эффекте Холла (плазменная струя), ионный двигатель Ньюманна. Развитие сверхскоростного (Hyperloop - 1200 км/час в «вакуумной трубе») общественного пассажирского и грузового транспорта. Развитие новых экономичных видов грузового транспорта, таких как большие дирижабли (до 200 тонн полезного груза), которым не нужны аэродромы, перевалка и др., т.к. они могут «зависнуть» прямо над получателем груза.

**5) Переход от промышленного к локальному и даже «домашнему» производству большинства бытовых товаров благодаря развитию технологии 3D-принтеров.** В отличие от обычных принтеров, 3D-принтеры печатают не фотографии и тексты, а «вещи» — промышленные товары. Т.е. 3D-принтеры позволяют создавать по введенной в память цифровой трехмерной модели практически всё, что угодно. У 3D-принтера тоже есть картриджи, но не с чернилами, а с заменяющими их рабочими материалами — пластмассовыми гранулами, сухим цементом или гипсом, металлическими порошками и др. По расчётам экономистов из Мичиганского университета, «домашний» 3D-принтер обеспечивает возврат инвестиций от 40% до 200% за год — так что производство бытовых товаров ожидает «3D-революция» (good bye, «made in China»? ). Бытовые и несложные технические товары будут отправлять покупателю по e-mail — т. е. покупать будет «программная матрица для 3D-печати» гаечного ключа, керамической вазы или кожаных перчаток, а сам товар будет производиться где-нибудь в гараже на домашнем 3D-принтере из закупаемых порошковых материалов для 3D-картриджа. Датская компания DUS Architects возвела полноразмерный дом, печатая его компоненты на огромном 3D-принтере «KamerMaker» (его высота равна 3,5 метра) прямо на стройплощадке, а в Китае напечатали двухэтажный дом на 3D-принтере всего за 3 часа (их 3D-принтер имел высоту 7 м). Видимо, стройиндустрию также ждет «3D-революция».

**б) Замена традиционного машиностроения промышленными технологиями 3D-печати** на основе «послойных» методов: селективной лазерной плавки (SLM — Selective Laser Melting) или метода прямого металлического лазерного спекания (Direct Metal Laser Sintering — DMLS) – (сырьё — металлические порошки), а также «объёмного» метода - Continuous Liquid Interface Production Technology (CLIP); эти технологии обеспечивают высокую точность изготовления — до 20 микрон и не требуют дальнейшей обработки изделий, а изготовление сложнейших деталей по 3D-технологиям сокращает длительность и стоимость процесса в десятки раз.

Среди основных преимуществ 3D-печати можно выделить беспроблемное создание сложных внутренних структур объекта, возможность совмещать различные материалы, точность и безотходность производства. Команда ученых из США разработала новый вид 3D-печати, который использует голографические лазеры для печати трехмерных объектов за считанные секунды. Процесс, получивший название «объемной 3D-печати», отменяет многие ограничения существующих 3D-технологий.

7) **Переход от металлургии к композитным материалам** (особенно нано-материалам) на основе углерода и кремния. Так, новейший американский «Boeing-787-Dreamliner» изготовлен на 50% из композитных материалов на основе углерода (включая фюзеляж и крылья). Ученым из технологического университета Сиднея (UTS) удалось аккуратно отделить от графита одноатомные слои, очистить их и выложить как «бутерброд» в идеально выровненную структуру из гексагональных решёток атомов углерода — «графеновую бумагу» (graphene paper — GP). Хотя удельная масса GP в пять-шесть раз ниже, чем у стали, испытания показали, что новый материал в два раза твёрже и в десять раз прочнее при растяжении, нежели углеродистая сталь, а его модуль упругости при изгибе оказался выше стали в 13 раз. Американско-израильская компания ArNano создала наноматериалы — «неорганические фуллерены» (inorganic fullerene — IF), которые многократно прочнее и легче стали (их ещё называют «нано-броня»). Образцы IF на основе смеси  $\text{MoS}_2$  и  $\text{SiO}_2$  останавливали стальные снаряды, летящие на скорости 1,5 км/сек, а также выдерживали статическую нагрузку в 350 тонн/кв.см. Ученые из New York University создали необычный композитный материал на базе наносфер из соединения углерода и кремния, заполненного атомами алюминия, который имеет чрезвычайно низкую плотность ( $0,9 \text{ т/м}^3$ ) — т. е. легче воды. Несмотря на столь малый вес, конструкции из нового материала могут выдерживать давление более чем в полторы тысячи атмосфер. Новый материал не расширяется при нагреве и хорошо переносит сжатия и растягивания, чем не могут похвастаться многие нынешние материалы. Упомянутые и подобные им материалы могут быть использованы для создания корпусов ракет, самолетов, морских судов, автомобилей, бронемашин, каркасов высотных зданий, а также в других целях. Прощай, энергозатратная черная металлургия, а заодно и не менее затратная алюминиевая?...

8) **Отказ от животноводства**, переход к производству «искусственного мяса» из мышечных клеток домашнего скота с помощью 3D-биопринтеров. Для выращивания мяса «в пробирке» энергии потребуется впятеро меньше, воды — в 10 раз меньше, а выбросы парниковых газов снижаются в 20 раз, чем при выращивании скота на убой (ведь для производства 15 г животного белка нужно скормить корове 100 г растительного белка, таким образом, КПД традиционного метода получения мяса составляет лишь 15%). Искусственный «мясозавод» требует намного меньше площади (займет всего 1% земли по сравнению с обычной фермой той же производительности по мясу). Кроме того, в стерильных искусственных условиях можно получить экологически чистый продукт, без всяких токсичных металлов, глистов, лямблий и прочих «прелестей», часто присутствующих в сыром мясе. К тому же, искусственно выращенное мясо не нарушает этических норм: не надо будет длительно выращивать животных, а затем безжалостно их умерщвлять. Американская компания Modern Meadow уже разработала технологию промышленного изготовления мяса животных и натуральной кожи из клеток животных-доноров. Правда, «научный гамбургер» из искусственного мяса, представленный недавно на презентации, обошелся разработчикам в \$25.000). Кроме того, в 2014 году молодой стартап «Muufri» из Сан-Франциско получил от инвесторов \$2 млн на разработку собственного «**молока без коров**». Технология основана на использовании «изготовленных на заказ» участков ДНК, в которых заложена информация о том, как синтезировать молочные протеины. На первых порах искусственное молоко должно стоить в несколько раз дороже обычного, потом, надеются создатели, стоимость удастся

снизить. Еще есть «бескоровье молоко» стартапа Perfect Day Foods из Кремниевой долины (США): там используют специальные белки, которые печатают на 3D-принтере. Это конечно не печать молока в прямом смысле слова: в технологии используется специальный штамм дрожжей и печатное вещество, содержащее коровью ДНК. Это позволяет дрожжам воспроизводить казеин, содержащейся в настоящем молоке.

**9) Перевод значительной части сельского хозяйства в города на базе технологии «вертикальных ферм»** («Farm skyscraper» или «Vertical Farm») — одну такую уже строят в ОАЭ. Это такой технологический «сельхоз-небоскрёб» в 20—30 этажей без окон, расположенный в черте города и покрытый — если это юг — солнечными панелями, на каждом этаже которого размещены многоярусные стеллажи с гидропонными контейнерами, где и произрастают злаки или др. генномодифицированные сельхозкультуры; урожай собирается автоматически — ручной труд почти отсутствует; поскольку «сельхоз-небоскрёб» изолирован от внешней среды и там поддерживаются постоянные температура, влажность и освещенность, можно снимать урожай 3—4 раза в год в любом климате; отсутствие паразитов позволит полностью отказаться от любых пестицидов.

**10) Роботизация.** По мнению Масаёси Сон, генерального директора японской технологической корпорации Softbank, в течение ближайших 30 лет количество умной робототехники превысит население Земли. (Что скажете?!). Изучив более 600 специальностей, аналитики Оксфордского университета пришли к выводу, что к 2035 г. почти половина из всех рабочих мест может быть вполне заменена роботами с искусственным интеллектом (главное отличие искусственного интеллекта от «естественного» - нацеленность на беспроигрышный результат). Перспективно также объединить 3D-принтеры с роботами: первые изготавливают, скажем, детали автомобиля, а роботы их собирают в одно целое. Такие вакансии, как рабочие заводов, шахтеры, фермеры, водители, продавцы, официанты, уборщики и др. обслуживающий персонал - вполне могут быть заменены роботами с искусственным интеллектом в ближайшие 20 лет. Эндрю Паздер (Andrew Puzder), номинированный Министром труда США (но подавший в отставку), будучи владельцем нескольких крупных сетей фаст-фуда, активно выступал за автоматизацию рабочих мест: *"Роботы всегда вежливы, нацелены на самые высокие результаты, им не нужен отпуск, они не опаздывают, и с ними не надо судиться по всяким вопросам, начиная с травм на рабочем месте и заканчивая дискриминацией по возрастному, половому или расовому признаку"*. Что тут возразить?.. Менее бесспорно, но весьма вероятно, что могут быть замещены роботами (обязательно с искусственным интеллектом) фармацевты, инженеры, учителя, врачи, юристы. Например, компания «Orimata» (Израиль) создала программу «Виртуальный пациент», где можно испытывать (имитировать) любые новые препараты и даже целые схемы лечения конкретных больных, а в Южной Корее правительство уже одобрило программу внедрения роботов-учителей в образовательный процесс. Машина по имени Engkey уже обучает там детей азам математики, естествознания, грамматики и других наук. Также, в недалёком будущем любые хирургические операции будут выполняться роботами. Так, в США прошли испытания робота-хирурга, который, в некотором смысле, превосходит человека. Автономное устройство STAR (Smart Tissue Autonomous Robot) состоит из роботизированной руки и автоматизированного инструмента для нанесения швов. Робот также оснащен 3D-системой инфракрасного изображения, которая предоставляет четкий путь действий, и системой сенсоров — например, для того, чтобы швы не были бы слишком тугими или наоборот, слабыми.

**То же и в военной области** — солдат заменят боевые мини-роботы, танки — роботы-бронеплатформы, авиацию — боевые дроны, флот — беспилотные подводные аппараты, а военный нано-спутник в космосе будет размером с шарик для пинг-понга. Итак: дивизия будет состоять из 10.000 боевых мини-роботов, 2000 беспилотных бронеплатформ (оснащенных

лазерными и электромагнитными пушками), 500 дронов, плюс дюжину киберударных квантовых суперкомпьютеров.

**11) Создание супер-компьютеров.** Речь, прежде всего, идет о квантовых компьютерах, которые повысят скорость и объём вычислений в десятки миллионов (!) раз. Квантовый компьютер использует для передачи и обработки данных не обычные (классические) алгоритмы, а так называемые квантовые алгоритмы — такие как квантовая суперпозиция и квантовая запутанность, а базовая единица измерения количества информации у них будет не «бит» (один разряд в двоичной системе счисления), а «кубит» (двухуровневый квантовый элемент). Кроме того, квантовый компьютер будет невозможно взломать (хотя - кто знает этих оголтелых хакеров...). Но есть и другие сенсации... Физики и электронщики из университетов MIT и Berkeley сделали первый работающий образец «фотонного процессора», где терабайты информации гуляют между чипами в форме света (а не электрических импульсов, как сейчас); плотность этих потоков — 300 гигабит в секунду на каждый квадратный миллиметр процессора, что позволяет обеспечить в десятки раз более быструю передачу в сотни раз больших массивов информации – т.е. на смену электронике идет новая огромная отрасль – **ФОТОНИКА**. Кроме того, интенсивно идут исследования ДНК-компьютеров. Функционирование ДНК-компьютера сходно с функционированием теоретического устройства, известного в математике как машина Тьюринга. Так, ученые Гарварда разработали и собрали крохотное наноэлектронное управляющее устройство, с самой плотной компоновкой из когда-либо созданных процессоров. Новое устройство, названное nanoFSM, имеет очень низкое энергопотребление и по размеру меньше, чем человеческая нервная клетка. Ученые из университета Джорджии в США и университета Бен-Гуриона в Израиле создали самый маленький диод в мире, построив его из короткой молекулы ДНК (из 11 нуклеотидов). Исследователи обнаружили, что в зависимости от того, в каком направлении было приложено напряжение, сила тока менялась в 15 раз. А команда биоинженеров Стэнфорда недавно изобрела генетические транзисторы, из которых можно собрать компьютер в рамках одной живой клетки; основу его составляет «биотранскриптор», который контролирует поток ключевого белка, «бегущего» по цепи ДНК - нетрудно представить, каким объемом информации сможет управлять такой биокомпьютер, если всего одна молекула ДНК хранит в себе 700 терабайт информации! В ближайшее десятилетие аппаратная база станет настолько дешевой и одновременно мощной, что суперкомпьютер будет меньше сегодняшнего айфона, это будет буквально супергаджет в кармане. Также компьютеры будущего будут когнитивными (т.е. способными слышать, видеть, обонять, осязать, чувствовать вкус - как человек).

Примерно к 2025 г., с помощью суперкомпьютеров, государственная машина управления перейдет на онлайн-базис — власти созреют для того, чтобы перенести сбор данных полностью в цифровую форму, исключив контакт чиновника и гражданина. Также повсеместно возьмут на вооружение технологию **блокчейна**. Блокчейн является распределенной учетной книгой записей о событиях в цифровом мире, т.е. эта система распределена и доступна множеству пользователей (но персональные данные недоступны). Записи в неё можно вносить только с согласия большинства пользователей; однажды записанная информация уже никогда не может быть изменена или стерта. Блокчейн не имеет никакого «центрального органа», поэтому любая деятельность, где внедрен блокчейн (госзакупки, банковские транзакции, страховка и др.), проверяются всеми участниками системы, что позволяет исключить мошенничество, упростить процедуру и, главное, избавиться от посредников. Проще говоря, если технологию blockchain внедрить в повседневную жизнь, то огромная армия госчиновников, контролирующая все на свете и берущих взятки, будет просто не нужна. Блокчейн найдет применение в разных областях – публичные базы данных, фондовые биржи, банкинг, онлайн-торговля; далее ее станут использовать для более глобальных целей, например, сбора налогов в государстве и даже

госуправление в целом.

Пятое поколение мобильной связи, или **сверхбыстрый 5G интернет**, вне всякого сомнения изменит жизнь современного человека. Произойдет значительный скачок в развитии экономики и производственных процессов, зародится так называемая всемирная цифровая экономика. Компания Qualcomm провела исследования, согласно которым с появлением технологии 5G мировая экономика вырастет на 3 триллиона долларов с 2020 по 2035 год.

**Отдалённые тенденции:** Будет создан гибрид биологического (человек) и электронного (компьютер) типов мышления, тесно сопряженных друг с другом. Человечество вскоре научится подключать мозг к компьютеру (при помощи гаджетов-имплантантов), а затем - к интернету, после чего **интернет превратится в «сеть мозгов» - brain-net**, и мы сможем делиться в Сети не только новостями и фотками – но мыслями и эмоциями (с помощью вживлённых микрочипов). Также бóльшая часть нашего мышления перестанет быть «биологической» - то есть человеческий мозг станет аналогом жесткого диска: если часть знаний сотрется, ее легко можно будет восстановить, загрузив необходимую информацию; учиться тоже станет легче: информацию можно будет закачать напрямую в мозг человека. Темпы роста вычислительной мощности устройств будут только расти, что в конечном итоге (в отдаленном будущем) может привести к нежелательной «технологической сингулярности». (**Технологическая сингулярность** — гипотетический момент в истории, после которого технологический прогресс достигнет таких скоростей и уровней, что окажется за гранью понимания “средним” человеком или, попросту, «машины станут умнее людей»).

**12) Реинжиниринг человеческого тела.** Грядёт переход от традиционной «химико-таблеточной» терапии и «скальпельной» хирургии к генетическому перепрограммированию клеток и тканей, т.е. к генной терапии (например, к "редактированию" геномов человека методом «CRISPR» и «TALEN», или редактированию ДНК Т-лимфоцитов – иммунных клеток-киллеров, или к пересадке стволовых клеток гипоталамуса, которые омолаживают организм и тормозят старение, или к перестройке пространственной структуры хроматина, которая руководит трансформацией стволовых клеток в специфические), а также к замене больных человеческих органов и костей новыми, выращенными из стволовых клеток с помощью 3D-биопринтеров или по «каркасной» технологии AngioChip. Новый метод поражения раковых клеток, получивший название Caspase Independent Cell Death (CICD), привел к полному уничтожению опухолей во время экспериментов. Японский биолог Е. Осуми, Нобелевский лауреат 2016 г., описал процесс удаления и утилизации поврежденных компонентов клетки («аутофагия»). Благодаря этому открытию, можно будет «очищать организм изнутри», омолаживая его и заметно улучшая качество и продолжительность жизни. В случае необходимости лекарственной терапии – молекулярные нанороботы будут доставлять лекарство по кровеносным артериям точно к пораженному участку тела. Экстренные хирургические операции в «неотложке» будут выполняться лазерными роботами. Создаётся искусственная кровь - также из стволовых клеток (ее производство в промышленных масштабах позволит полностью отказаться от донорской крови). Уже в ближайшее время в интернете и в качестве приложения на мобильных платформах (на Android и iOS) должен появиться сервис «Helix», у пользователей которого будут брать образцы слюны, проводить анализ их ДНК и составлять полное описание генома, которое будет доступно онлайн. Также, каждый человек с помощью вживленного чипа сможет следить за малейшими отклонениями своего здоровья по 20-30-ти важнейшим биомаркерам крови, сердца, нейронов и др. Т.е. состоится переход к так называемой "4П"-медицине - предсказательной, превентивной, персонализированной и партисипативной, то есть предполагающей активное управление самим пациентом своим здоровьем. Есть высокая вероятность, что в течение следующих 30 лет 90% ныне существующих смертельных заболеваний станут излечимы с помощью новейших биотехнологий, а средняя продолжительность жизни приблизится к 90 годам (т.е. долгожителям будет лет по 120!).

Если учесть, что на Западе и без того «бэбибум» уже давно сменился на «пенсионный бум», там к 2040 г. будет на одного работающего (а работы будет мало!) штук пять бодреньких пенсионеров!

\*\*\*\*\*

### **Что же мы имеем на сегодня «в сухом остатке»:**

- 1) Волны технологических революций неотвратимо распространяется по планете: энергия солнца–ветра–воды вместо угля–нефти–газа, роботы вместо рабочих, фермеров, техников, искусственный интеллект вместо инженеров и прочих университетских бакалавров–мастеров (включая «живых» учителей и врачей), генная медицина вместо «таблеточно-скальпельной», углеродные композиты вместо металла, искусственные мясо и молоко взамен животноводства и птицеводства, АИТ (Artificial Intelligence Technologies) вместо нынешних ИТ-технологий, “криптовалютизация” вместо бумажных денег и много чего поразительного еще... Всё это революционным образом изменит и **саму природу труда**.
- 2) Та модель либерального капитализма, которая названа Френсисом Фукуямой «концом истории» (в смысле – эта модель теперь навсегда), закончила свое доминирование в мире, и теперь началась новая, неясно пока какая “история”.
- 3) Правительствам всех стран мира важно делать капиталовложения в то, у чего есть перспектива роста, а не в поддержание жизни таких инфраструктур, технологий, отраслей или систем, которые обречены на вымирание. Вместо того, чтобы субсидировать ПРОШЛОЕ, нужно инвестировать в БУДУЩЕЕ!
- 4) Президент и правительство любой страны может защитить своих граждан от иностранной продукции и иностранной рабочей силы. Но президентов и премьер-министров, которые способны защитить свой рынок от роботов, 3D-принтеров, искусственного интеллекта и т.д. – нет в природе.
- 5) Природные ресурсы, труд и капитал в XXI веке постепенно теряют свою ценность и значимость, а ценностью «номер один» становятся ЗНАНИЯ и ИНТЕЛЛЕКТ. То, чему и как сегодня учат наших детей в школах и в большинстве ВУЗов, завтра приведет к тому, что они вообще не найдут работу или быстро ее потеряют. Мы должны обучать наших детей быть инновационными и творческими.
- 6) Всем следующим поколениям уже не стоит полагаться на наемную работу в госучреждении, на заводе или в корпорации, на стабильную зарплату, медстраховку и на будущую пенсию. Им понадобится более активная жизненная позиция. Им придется спросить себя: что я реально хочу и могу делать? Какое дело я мог бы начать? Каким способом я могу внести свой вклад в развитие цивилизации и одновременно получить прибыль и обеспечить себя и свою семью?
- 7) Страны, которые не успели адаптировать собственную экономику, и всю социальную систему, и все институты к Пятой технологической революции, - будут очень сильно проигрывать. И разрыв будет, к сожалению, значительно больше, чем в ходе 2-й и 3-й промреволюций.
- 8) Будущим поколениям (очень скоро!) предстоит оказаться в мире, в котором работать будет меньшинство (15-20%) – и эти 15-20% будут создавать ВВП, достаточный минимально необходимый для всей страны. Для остальных не только не будет работы – не будет острой нужды в их работе. Найти достойное применение людям, которые не будут работать десятилетиями – это супер-вызов будущего. Т.е. речь идет о поиске модели жизни, востребованности и даже успеха, не связанного с ежедневной “работой по специальности”.
- 9) К сожалению, развитие технологий стало быстро опережать нравственное развитие человека, и ножницы между этими двумя путями раздвигаются все шире и шире, омрачая наше «светлое технологическое будущее»... Подарит ли человечеству это

новое технологическое будущее и *новые моральные ценности и ориентиры*? Не знаю... (Впрочем, христианские моральные ценности – Десять Заповедей, отчеканенные на скрижалях, которые были даны Моисею самим Богом на горе Синай – существуют и действуют уже более 3000 лет...).