

УДК 338.92
ББК 65.9(2p)30.5
Р 17

Рецензенты:

доктор экономических наук А.В. Алексеев
доктор экономических наук В.И. Клисторин
доктор экономических наук А.Т. Юсупова

Р 17 **Развитие инновационной экономики: анализ, методы и модели** //
отв. ред. В.И. Суслов, науч. ред. О.В. Валиева, ИЭОПП СО РАН –
Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2020. – 440 с.

Авторы:

А.О. Баранов, В.Г. Басарева, Г.В. Бобылев, О.В. Валиева, Ю.П. Воронов,
Н.В. Горбачева, Е.А. Горюшкина, Д.А. Доможиров, Н.М. Ибрагимов,
М.А. Канева, Н.А. Кравченко, М.В. Королькова, Б.Л. Лавровский,
М.В. Лычагин, Е.И. Музыко, Т.С. Новикова, Ю.М. Слепенкова, В.И. Суслов,
Г.А. Унтура, А.А. Федоров, С.Р. Халимова, Е.А. Шильдин

ISBN 978-5-89665-345-5

В монографии отражены исследования авторского коллектива по целому ряду направлений. Эти направления, различны по своему исследовательскому ядру, но связаны одной неразрывной нитью – обращением к экономике знаний, инновациям, научно-техническому прогрессу, высокотехнологичным отраслям экономики. В монографии обосновывается важность процессов реиндустриализации экономики, дается анализ роли инновационных процессов на глобальном, национальном и региональном уровнях, поднимаются вопросы, связанные с оценкой крупных научно-технологических проектов и их влияния на экономику региона.

Монография будет интересна широкому кругу читателей и исследователей, интересующихся вопросами инновационной экономики, теоретикам и практикам, занимающимся оценкой инновационных проектов, органам власти, агрегирующим подходы к изучению факторов экономического роста.

УДК 338.92
ББК 65.9(2p)30.5

Монография подготовлена в рамках планов НИР ИЭОПП СО РАН по проекту XI.170.1.2. (0325-2017-0013) «Формирование основ теории инновационной экономики: операциональные определения, измерения, модели, научно-технологические прогнозы и программы» № АААА-А17-117022250128-5 и проекту XI.170.1.1. (0325-2019-0007) «Инновационные и экологические аспекты структурной трансформации российской экономики в условиях новой геополитической реальности».

ISBN 978-5-89665-345-5

© ИЭОПП СО РАН, 2020
© Коллектив авторов, 2020

Глава 1

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, ЭКОНОМИКА ЗНАНИЙ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Процессы реиндустриализации на новом этапе промышленной революции

Деиндустриализация и реиндустриализация

Деиндустриализация 90-х годов прошлого века – начала 0-х нового века прошла не только в России и на всем постсоветском пространстве, но и в промышленно развитых странах. «У нас» деиндустриализация явилась результатом шоковой терапии стихийными рыночными реформами. «У них» – результатом сознательного перехода к постиндустриальной экономике, в которой развитые страны уже не «пачкают руки», отдав производства «железа» в «руки» третьих стран и оставив себе науку, образование, дизайн, юридическое обеспечение, высокие (самые высокие) технологии, медицину, культуру и т.д., т.е. «мозги». Хотя в развитых странах и в 50–80-х годах прошлого столетия имели место достаточно масштабные стихийные разрушения ряда традиционных отраслей (металлургии, угольной промышленности, отдельных отраслей машиностроения и др.).

Наблюдаемые в последние десятилетия процессы вписываются в общемировые, многовековые тренды экономического развития.

Экономика развивается циклично (табл. 1.1, рис. 1.1 – по данным Питера Марша [Марш, 2015]; деление мира на развивающиеся и богатые страны дано в соответствии с современными критериями). На протяжении всей истории человечества вплоть до первой промышленной революции масштаб экономики страны определялся численностью ее населения. Только 200–250 лет назад на первое, решающее место вышли факторы технологии, науки и образования. Мир перевернулся.

В США, начиная с середины 60-х годов прошлого века, за годы рейганомии и последующего постиндустриального развития численность занятых в промышленности сократилась почти в 2 раза, достигнув к 2010 г. 12 млн человек [Бодрунов, 2014]. Особенно быстро «сжимались» сталелитейная и металлообрабатывающая индустрия, весьма ощутимо деградировали текстильная и швейная промышленность, автомобилестроение, производство

станков и оборудования и др. При этом общая численность занятых в экономике страны росла. Одним из следствий этих процессов (похожее происходило и в других развитых странах) явился мировой финансово-экономический кризис 2008–2009 гг. Дело в том, что относительно резкое сокращение весьма капиталоемких секторов промышленности привело к избытку капитала, породившего разного рода спекулятивные финансовые «пузыри», которые, полопавшись, инициировали кризис.

Таблица 1.1

Динамика структуры мирового производства, %

Страны	1800	1900	2000
Развивающиеся страны	71	13	27
Богатые страны	29	87	73
Китай	33	6	7

В начале нового века процессы ускоренного развития развивающихся стран и особенно Китая интенсифицировались.

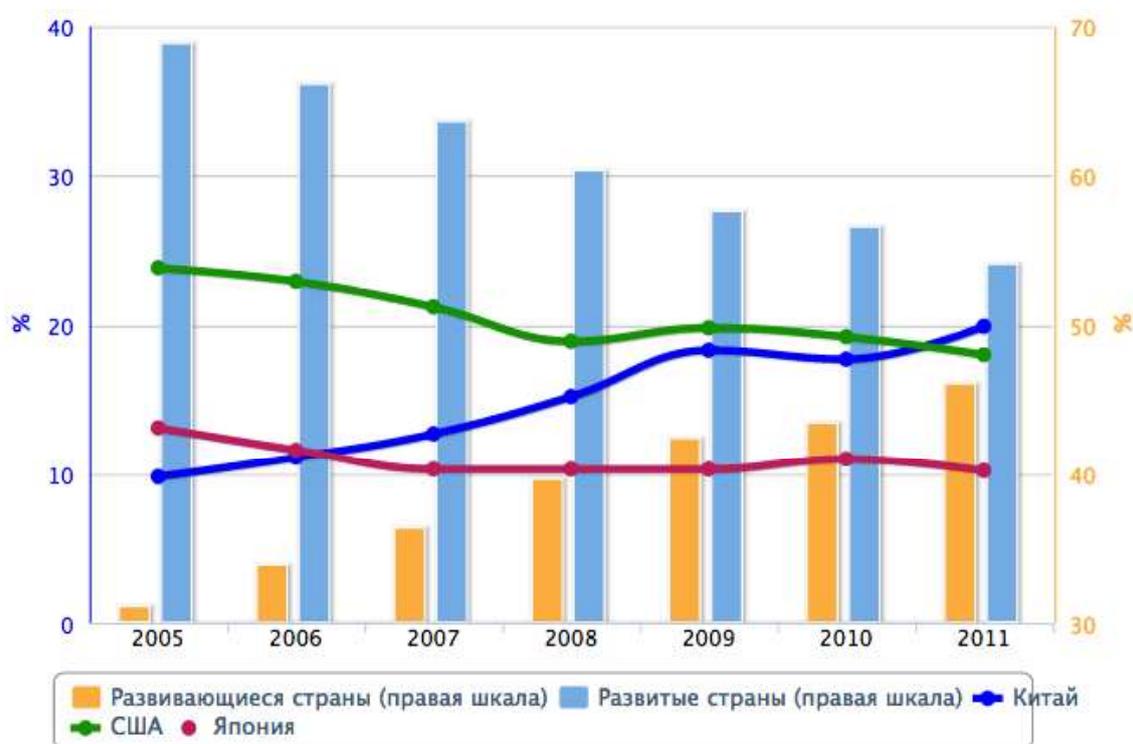


Рис. 1.1. Ускорение процессов в XXI веке
(Правая шкала для развитых и развивающихся стран,
левая – для Китая, США и Японии)

Отсчет российской новой (далеко не первой, но, есть все еще надежда, последней) деиндустриализации можно тоже начать с середины 60-х годов прошлого века – с начала периода брежневского застоя. Эти процессы более явно проявились в годы горбачевской перестройки и резко интенсифицировались во время ельцинских реформ.

Масштабы произошедшей деградации промышленности огромны. «В статье «Мы ничего не производим» («Эксперт» №47 за 2012 г.) было показано, что Россия за последние двадцать лет не только повторила западный путь деиндустриализации, но и продвинулась гораздо дальше. Производство товаров в России на душу населения в десятки раз ниже, чем в любой развитой стране. Россия, будучи шестой по ВВП в мире, занимает лишь 17-е место по абсолютному размеру добавленной стоимости в обрабатывающих отраслях. По этому показателю она находится на уровне Турции и Таиланда, вдвое меньше Тайваня, в три с лишним раза меньше Южной Кореи и в 24 раза меньше лидера, США. Выработка продукции обрабатывающей промышленности на душу населения в России за 2010 г. составила 504 доллара (в постоянных ценах 2000 г.). Разрыв с Америкой – в 11 раз, с лидирующими по этому показателю Сингапуром и Японией – в 16 раз. Обходят нас по душевой промышленной выработке не только Китай и Бразилия, но и, скажем, Греция, Таиланд или Уругвай, не славящиеся богатыми промышленными традициями» [Механик, 2014].

Масштабы деиндустриализации России в последнюю четверть века сопоставимы с потерями во время Гражданской или Великой Отечественной войн. Количество крупных промышленных предприятий сократилось за это время в десятки раз. Но сожалеть о разрушении гигантов советской тяжелой промышленности вряд ли конструктивно.

Более того, существует мнение, что «очистительное разрушение» не было доведено до необходимого рубежа. Меры поддержки «динозавров», предпринятые правительством Черномырдина, а затем организацией малоэффективных и «бюджетопоглощающих» государственных корпораций замедлили процессы обновления экономики, затормозили ее модернизацию и реиндустриализацию, процессы перехода на инновационный путь развития.

Негативные социальные последствия разрушения гигантов социалистической индустриализации государство должно было купировать иными средствами, давно известными в мировой практике.

Необходимость *реиндустриализации* для России очевидна. Альтернатива – остаться навсегда в списке третьеразрядных стран с высоким потенциалом распада. Понимание необходимости реиндустриализации для передовых стран пришло сравнительно недавно: происходящие события показали, что «мозги» потянулись к «рукам», и «передовые» страны начали терять свои передовые позиции в мире. Но этот «возврат» ни в коем случае не должен происходить на «старое поле» (как это произошло в годы послевоенного восстановления экономики СССР – что определило отставание нашей страны от мировых лидеров на технологический уклад).

Для того чтобы «вспахать» новое инновационное поле, мир должен преодолеть инновационную паузу: предыдущий технологический уклад вступил в фазу старения, а новый еще не вошел в силу (такие инновационные паузы – ложе всех глобальных кризисов, в том числе и наблюдаемого). Вероятно, в конце концов нас ждет так называемая NBICS-конвергенция (нано-, био-, инфо-, когно-, социо-; в первоначальной редакции этой аббревиатуры буквы «S» в конце не было), но не только и даже не столько...

Существует несколько концепций современной реиндустриализации: третья промышленная революция Дж. Рифкина [Рифкин, 2014], новая индустриальная революция Питера Марша [Марш, 2015], новая промышленная революция Криса Андерсона [Андерсон, 2012]. При всех различиях эти подходы едины в главном: нас ждут коренные, принципиальные изменения в используемых технологиях, организационно-управленческих механизмах, инфраструктурном обеспечении. В обобщенной форме эти принципиальные изменения будут представлены чуть ниже.

Весьма оригинальную позицию выдвигает российский ученый Сергей Чернышев [Чернышев, 2013]. Он считает, что 3-й этап технологического прогресса связан с переходом на машинные технологии процессов создания и преобразования стоимости (*intangible*), тогда как на первом этапе (промышленная революция) машинам передавалось преобразование энергии (*hard*), на втором (информационная революция) – информации (*soft*) (табл. 1.2).

Технологический «широк» современного мира

Технологические этажи (слои)	Уклады Львова-Глазьева, волны Кондратьева	Время начала	Технологии	XXI век (первая половина)	Что дальше
Hard (жесткий) <u>энергия</u>	1–4 (США: 1–2-й – 5%, 3-й уклад – 10%, 4-й – 20%, Россия: 1–2-й – 15%, 3-й – 50%, 4-й – 30%)	Конец XVIII	Индустриальные (текстиль, пар, уголь, сталь, нефть, двигатель внутреннего сгорания)	Новая индустриализация, 3-я промышленная революция. Новое ремесленничество (индустриализация), 3D-принтеры, роботы, зеленая экономика, альтернативная энергетика. Био-, мед-, нано-, холодный термояд, гиперзвуковые аппараты, супер (сверх-) оружие.	Равновесие и симбиоз в системе «человек-природа» (как альтернатива – конец «человеческой» – очередной? – страны в истории Земли). Преодоление эгоцентризма «золотого миллиарда», его многократно от «отрыва» от остального населения планеты. Выход в космос.
Soft (мягкий) <u>информация</u>	5–6 (США: 5-й – 60%, 6-й – 5%; Россия: 5-й уклад – 5%, 6-й – 0)	Последняя треть XX	Информационные (компьютеры, телекоммуникации, ПО, системы управления)	Объемы (биты) и скорости (флопсы) – экспоненциально (10 ¹⁶) к 2020–2025 (дальше фантазии не хватит). Новая математика, математические модели, практически гомоморфные реальным объектам. Проектирование, управление, регулирование в режиме on-line. Сетевая экономика, цифровая экономика, Интернет вещей. Виртуальный мир, практически неотличимый от реального (инфо-, котно- и т.д.).	
Intangible (нематериальный, не-различимый) <u>стоимость</u>		Начало XXI	Финансово-экономические, культурно-гуманитарные	Устойчивое развитие (функциональное), проактивное финансирование, импакт-инвестирование, принцип экватора (организации EPFI), формирование долгосрочных общественных ценностей (creating shared value), позитивная экономика, преодоление классического эгоизма бизнеса, международное сотрудничество, помощь и взаимоподдержка.	

В деятельности по созданию материальных продуктов, производству услуг и обеспечению условий для жизни человека можно выделить три группы процессов, или три технологических этажа. Первый: собственно производство (ковать, пилить, пахать и т.д.). Второй: организация этого производства, управление производственными процессами. Третий: обеспечение экономической целесообразности (результаты должны окупать затраты, а лучше – превосходить их, чтобы давать возможность роста), сохранение и создание новой стоимости.

Такие группы процессов (технологические этажи) можно наблюдать в деятельности человека с доисторических времен, и в деятельности многих видов высших животных. Технологический прогресс проявляется в передаче выполняемых в этих процессах функций от человека к машинам.

Сначала, (массово) начиная с конца XVIII века, в собственно производстве (на 1-м этаже). Это называется индустриализацией, в наше время – новой индустриализацией (3-й, а то и 4-й промышленной революцией). Затем, с последней трети XX века – в организации и управлении (на 2-м этаже). Происходит фронтальное внедрение информационных и телекоммуникационных технологий. Наконец с начала XXI века – в создании стоимости (на 3-м этаже). Эта новая технологическая волна (если ее «поймать») обеспечит выход из глобального финансово-экономического кризиса, начавшегося в 2017–2018 гг., и начало глобального экономического подъема.

Происходит технологизация человеческой деятельности. Главную роль в этом процессе играют машины – искусственные устройства для извлечения, преобразования, хранения и передачи энергии (1-й этаж), информации (2-й), стоимости (3-й).

Из приведенной таблицы следует, что капитализм в своем развитии проходит три этапа. Первый этап: «хищнический», когда стремление к наживе заслоняет все – именно он стал объектом и предметом «Капитала» Маркса. Второй этап: «капитализм с человеческим лицом», когда надо вспоминать о людях, экологии – устойчивое развитие, благотворительность, социальная ответственность. «Сквозь зубы» – «достали», так и быть, вот вам «с нашего стола». Третий: «коммунистический» – именно служение обществу гарантированно обеспечивает устойчивую прибыль, если «посмотреть за горизонт». Развитый мир переходит в настоящее время на этот этап развития капитализма: позитивная эконо-

мика, формирование общих ценностей и т.д. Россия еще по-настоящему не вступила даже во вторую стадию.

Последняя колонка таблицы: мир, планета требуют нового равновесия, симбиоза человеческой цивилизации и природы, потерянные со времени неолитической революции 10-тысячелетней давности. Экспансия человека в масштабах Земли должна прекратиться.

Данная работа посвящена тематике первых двух этажей технологического «пирога». Но для полноты картины несколько слов требуется сказать и о 3-м этаже.

Первые «всходы» на поле новых финансово-экономических технологий:

– *Устойчивое развитие* (функционирование) – требует сохранения и увеличения (до некоторых пределов) капитала по всем его трем основным компонентам: экономической, человеческой и природной.

– *Проектное финансирование* – основано на привлечении внешнего кредита для реализации инвестиционного проекта (обособленного организационно-юридически и финансово-экономически), погашение которого происходит за счет денежного потока, порождаемого самим проектом (после его реализации). Кроме коммерческих целей преследует, как правило, социоэкологические.

– *Импакт-инвестирование* (импакт – удар, воздействие) – коммерчески состоятельное инвестирование в проекты, решающие социоэкологические задачи. Стремительно развивается во всем мире. В России – только первые робкие шаги: например, созданный в 2007 г. по инициативе бизнесмена Вагита Алекперова фонд региональных социальных программ «Наше будущее», оказывающий финансовую, правовую, консультационную, информационную поддержку социальному предпринимательству в России.

– *Принципы Экватора* (всего их – на июнь 2013 г. – десять: от «анализа и классификации», «экологической и социальной оценки»,... «механизма рассмотрения жалоб», до «отчетности и прозрачности») – принципы проектного финансирования, обеспечивающие минимизацию социоэкологических рисков. Сформулированы и приняты к реализации по инициативе Всемирного банка в 2002–2003 гг. (после этого несколько раз корректировались). Организации EPFI (Equator Principles Financial Institutions) – принявшие эти принципы к действию. Среди них – Barclays, Bank of

America, Citigroup, Credit Suisse, HSBC, Societe General, Unicredit и другие. В России к ним можно отнести ВТБ и банк «Открытие».

Первопроходцы на континенте финансово-экономических технологий:

– *Уорен Баффет*, конкурирующий с Джоном Рокфеллером за звание самого богатого человека за всю историю человечества. Критиковал и критикует модные теории фондового рынка. Вкладывает деньги в конкретные компании, деятельность и перспективы которых тщательно изучил.

– *Джордж Сорос* – международный финансовый «спекулянт», создатель крупнейших хедж-фондов и благотворительных фондов. Как и Баффет, тщательно изучал потенциальные объекты инвестирования, не гнушаясь при этом инсайдерской информацией. Известен и своей активностью в России.

– *Майкл Милкен* – создатель рынка «мусорных облигаций» (junk bonds – высокодоходных, но и высокорисковых, не имеющих инвестиционного рейтинга), одного из основных современных инструментов финансирования инноваций. За свои успехи на этом поприще, расцененные американской судебной системой мошенничеством, отсидел несколько лет в тюрьме.

– *Муххамед Юнус*, нобелевский лауреат – автор проекта создания и последующего тиражирования новой институциональной модели микрофинансирования, ставшей эффективным инструментом борьбы с проблемой бедности и поднявшей экономическую активность бедных слоев населения.

Возвращаемся к основной тематике.

Но сначала немного истории и связи процессов индустриализации-реиндустриализации с пространственным развитием, очень важной для современной России.

Технологический барьер рубежа XIX и XX веков (освоение невозобновляемых источников энергии, двигатель внутреннего сгорания, электричество, транспортная и энергетическая инфраструктура) сумели преодолеть две страны: США и Германия. Но США имели территорию для экспансии («дикий запад»), порождающей спрос на высокие технологии, а Германия – нет. В результате США стали мировым доминантом на целый век, а Германия инициировала две проигранные ею мировые войны.

Россия же, имея в конце XIX века и высокий потенциал технологического прорыва, и огромную территорию для его реализации,

погрязла в социальных преобразованиях (сталинская индустриализация сыграла свою позитивную роль, но методы ее достижения были несостоятельными). Сибирь и Арктика до сих пор остаются для России стимулом и полем для реиндустриализации. Если, конечно, усилия высшего российского руководства по разрушению национальных науки и образования не увенчаются успехом.

В XIX веке на востоке страны успешно действовала частно-государственная «Российско-Американская компания» (1797–1868). Ее усилиями к России была присоединена Аляска с Алеутскими островами, начато освоение Калифорнии и даже – в планах – Гавайских островов. Эта сугубо морская компания (ею было организовано 25 морских, в том числе 13 кругосветных экспедиций – они являлись основным средством торгового и материально-технического обеспечения деятельности компании) организовывала и поддерживала сухопутные маршруты (впоследствии большей частью заброшенные – до сих пор) от Берингова пролива, с Камчатки, из Охотска в Кяхту и далее в европейскую Россию и остальную Европу.

Особенно велика была ее «народнохозяйственная эффективность» в первые десятилетия работы, пока еще жив был «дух» ее фактического основателя (он не дожил до дня юридического основания компании) Григория Ивановича Мелихова – до сдачи Форта Росса в Калифорнии.

В 30-х годах прошлого века достаточно успешно функционировало Государственное Акционерное Камчатское общество (1928–1943). Территория ГУЛАГа заканчивалась на западном берегу Охотского моря. На противоположной стороне моря жили свободные люди (в Советском-то Союзе!), жили в фактически свободной экономической зоне, открытой миру, прежде всего, США и Японии. Можно даже предположить, что в какой-то мере эта территория генетически продолжала тогда Дальневосточную Республику начала 1920-х.

Сейчас важно отметить главную особенность и Камчатского общества, и компании Русской Америки: они «смотрели» на запад, в Россию и нацелены были на интеграцию своих территорий в российскую экономику. Современные же Стратегии и Минвостокразвития, и компаний-покорителей Арктики, в частности, изначально «направляют взгляд» на восток и юг, Западную Европу и США, то есть – из России.

В наше время начавшийся процесс реиндустриализации в развитых странах можно назвать решорингом – возвращением индустрии (в противоположность оффшорингу – выводу промышленного производства в третьи страны) «на родину». Поскольку эти страны, как правило, сохранили у себя головные (управляющие, финансовые, исследовательские, образовательные) структуры промышленных компаний, реиндустриализация для них проходит достаточно безболезненно и разворачивается «семимильными» шагами. Параллельно развиваются процессы так называемого ниашоринга – перемещения производств в страны, близкие «к родине». Впечатляющий пример такого процесса дает Мексика с ее электронной и автомобильной промышленностью. Аналогичную роль для Западной Европы играют страны Центральной Европы и Турция.

Поражающий рост в рамках решоринга и ниашоринга демонстрируют производства совсем не пятого или шестого технологического укладов. В начале второго десятилетия нового века в США двузначными темпами прироста характеризовались такие отрасли, как производство полупроводников, сельскохозяйственных, строительных и горнодобывающих машин, токарных изделий, шурупов, гаек и болтов, чугуна и стали, автомобильных запчастей, промышленного оборудования, двигателей, турбин и оборудования для передаточных устройств, обработка металлов (черных и цветных), нанесение покрытий на металлы [Толкачев, 2015]. В предыдущее десятилетие почти все эти отрасли показывали падение.

Для России реиндустриализация – скорее возрождение и даже создание заново, потому что возвращать ей нечего и неоткуда. Здесь процессы реиндустриализации, кроме всего прочего, имеют тяжелейшее обременение: необходимость решения сверхзадачи создания внутренних механизмов инициализации и поддержания экономического роста и научно-технологического прогресса. Это особая и очень болезненная тема. Именно этим вопросам, так или иначе, посвящено большинство публикаций по реиндустриализации (см., например, [Валентей и др., 2015]). И в гораздо меньшей степени – вопросам технологического и организационного базиса новой индустрии, обсуждаемым ниже.

Положение России в мировом научно-технологическом развитии достаточно своеобразно (см., например, [Лорен, 2014]). Все чаще западные историки науки и техники признают, что русские

действительно построили первый паровоз и тепловоз, первыми осветили крупные города электрическим светом, стали передавать радиоволны, предложили строить нефтепроводы, построили многомоторный пассажирский самолет, были пионерами в области разработки транзисторов и диодов, лазерных технологий, электронно-вычислительной техники. Хотя предвзятое и нарочито пренебрежительное отношение к российским научно-технологическим достижениям остается характерным для европейцев и североамериканцев. Так, известный экономист «социалистического» происхождения Янош Корнай в одной из своих последних работ [Корнай, 2012] практически все научно-технологические достижения последних 100–150 лет отдает США (чуть-чуть – Франции, Великобритании, Японии). Он не нашел места СССР даже в тех областях, в которых современная Россия все еще значима: атомной и аэрокосмической.

Но придумать и изобрести одно дело, внедрить, говоря современным языком, коммерциализировать. – дело совсем другое. Российские ученые-изобретатели по-интеллигентски, в российском же смысле этого слова, коммерцией пренебрегали. Да и общая атмосфера этому не способствовала.

Новые технологии, в том числе имеющие российские корни, приходят в Россию как иностранные, очень недешевые, ставящие Россию в зависимость от развитых мировых держав, нанося тем самым все возрастающий ущерб национальной безопасности. Механизмов генерации новых технологий, поддержания внутреннего научно-технологического прогресса в России так и не было создано. Инициатором очередного технологического прорыва приходилось выступать государству. Государственный «пинок в зад» придавал ускорение России, инерция которого быстро иссякала.

Вся российская экономическая история на протяжении последних трех веков – череда циклов «реиндустриализация – деиндустриализация». Самые технологичные по своим временам заводы, построенные при Петре к концу XVIII века пришли в упадок, но обеспечили процветание Екатерининской России, победы Миничкова, Шереметева, Орлова, Румянцева, Суворова (Швеция, Турция, Польша, Чехия и т.д.), колонизацию Сибири и Дальнего Востока. Модернизация промышленности, проведенная Александром I по западным лекалам, обеспечила победу над Наполеоном, но иссякла к Крымской войне с Англией, Францией и Турцией, обозначив начало сжатия территории России (отторжение Кали-

форнии и Аляски). Начавшийся было естественный рост капитализма в конце XIX – начале XX века не успел дать окрепнуть России перед Русско-Японской войной и противостоять краху Российской Империи Романовых. Сталинская индустриализация, разорив крестьянство и позволив, тем не менее, СССР победить во Второй мировой войне, исчерпала свой потенциал к «брежневскому застою», породив, в конце концов, «горбачевскую перестройку» и «ельцинский беспредел». А нынешнее руководство России даже очередной «пинок в зад» дать не в состоянии, ограничиваясь разговорами и призывами к инновациям и принимая в действительности решения, порой прямо противоположные требуемым.

Все силы государство и бизнес должны приложить для удержания лидирующих позиций в космической и атомной промышленности, для укрепления и в определенном смысле возвращения позиций в авиа-, судо-, автомобилестроении, микроэлектронике и микробиологии. Максимально сосредоточиться на восстановлении компетенций в станкостроении, материаловедении.

Но главное все-таки – в другом.

В рамках предстоящей реиндустриализации необходима глубокая модернизация на основе высоких наукоемких технологий

- 1) секторов добычи и переработки природного сырья,
- 2) отраслей, ориентированных на внутренний потребительский спрос: строительство дорог, жилья, промышленность стройматериалов, сельское хозяйство и агропром, медицина и здравоохранение, транспорт, коммуникации, энергетика и жилищно-коммунальное хозяйство, – особенно в той части, которая нацелена на жизнеобеспечение в Сибири и на Дальнем Востоке, на Севере и в Арктике.

Потенциал разворачивания таких производств в Сибири и на Дальнем Востоке весьма высок.

Современная реиндустриализация ни в коем случае не означает восстановление индустрии в ее прежних форматах. Этот процесс будет происходить и уже происходит на базе совершенно новых технологий, которые еще совсем недавно казались фантастическими.

Новый технологический базис

Можно выделить несколько основных черт нового технологического (инновационного) базиса (использован материал [Ларина, Овчинский, 2014]).

Первая. Автоматизация на базе производственных (промышленных) роботов.

Самые первые упоминания о роботах можно отнести еще к середине III-го тысячелетия до нашей эры. Уже тогда египтяне создали «думающие машины», которые давали предсказания. Тогда, правда, внутри статуй, представляющих эти «машины», прятались жрецы. Гениальный греческий математик и механик, Герон Александрийский, в I-м веке нашей эры создал прообразы некоторых современных автоматов (театр кукол, продажи воды и т.д.), используемых тогда для развлечения и «прославления» богов. Реально же первые промышленные роботы появились во второй половине 60-х годов прошлого века в США, и они были предназначены для замены человека в выполнении опасных работ. С этого началась роботизация всех отраслей промышленности в США и во всем мире. Главной причиной было стремление повысить производительность труда, возместить нехватку рабочих на «малозарплатных» и «неинтересных» (например монотонных, и др.) производственных операциях. Важным мотивом было также желание (в США) преодолеть «давление» профсоюзов.

В СССР первые роботы были произведены и стали использоваться с отставанием всего на 5 лет (в начале 70-х годов прошлого века). Но продолжения это начинание не получило. «Нищенский» уровень зарплат и «потешная» роль профсоюзов на нашей родине роботизацию исключали.

Если механизация означает замещение, частичное или полное, в производственном процессе физического труда человека, то автоматизация ограничивает участие умственного труда: контроль, регулирование, управление передается различным техническим устройствам. Роботизация это лишь одно из средств автоматизации, но, по-видимому, самое универсальное. Робот (как правило, антропоморфный) механически имитирует человека или какую-нибудь его часть, обычно – руку с несколькими осями подвижности, вариантами «захвата» и моторики. Центральный орган современного робота – программное обеспечение, определяющее, что этот робот должен делать. Переналадка, переспециализация, переход на выполнение новых задач и функций робота – вопрос минутной смены этого обеспечения. В то время как переналадка многих других автоматических линий может занимать более половины полезного рабочего времени.

Процесс роботизации происходит в мире весьма интенсивно.

Мировой парк промышленных роботов ежегодно растет на 15–20%, т.е. удваивается каждые 2–3 года (здесь и ниже используются

материалы статей [Ясакова, 2018; Жидких, Серебряный, 2018]). В России ежегодный прирост составляет всего около 10%. Этого совершенно недостаточно для преодоления катастрофического отставания нашей страны от мирового прогресса. Международная организация «International Federation of Robotics» ежегодно рассчитывает показатель плотности роботизации – количество роботов на 10 тыс. работников. Лидером является Южная Корея – 631 в 2017 г. В пятерку лидеров также входят Сингапур, Германия (309), Япония, Швеция. Среднемировой уровень – 74 (учитывая, что роботизированное рабочее место производительнее обычного в 5–10 раз, доля роботизированной индустрии в мире приближается к 7–10%). До него немного не дотягивают такие страны, как Великобритания и Китай. В России значение этого показателя – 2 (иногда называют чуть большую цифру). Удивительно, что в многочисленных государственных документах, определяющих стратегию развития нашей страны, этот факт никак не отражен.

Роботизация тесно связана с процессами рещоринга и ниа-шоринга ([Зотин, 2018]). Фактор дешевой рабочей силы в «третьих» странах (прежде всего Юго-Восточной Азии – ЮВА) все реже оказывается решающим. Роботизированные производства начинают выигрывать по экономическим показателям. На первый план выходит фактор близости к рынкам сбыта. Одно роботизированное рабочее место на «родине» (в США, Западной Европе) или вблизи ее замещает в среднем 10 рабочих мест в «третьей» стране. Это – трагедия для развивающихся стран. Им срочно надо искать новую модель экономического бытия.

Быстрее всего «к родным берегам» возвращаются производства продукции с относительно высоким физическим весом единицы стоимости, транспортные (в основном морские) перевозки которых ощутимо «портят экономику». Яркий пример: автопром. За короткий период времени Мексика стала 7-м производителем и 4-м экспортером автомобилей в мире. Возрождаются автозаводы в США и Западной Европе. Хорошую динамику показывает автомобильный кластер Словакии и других стран Центральной Европы. Аналогичные тенденции демонстрирует производство крупногабаритной бытовой техники. Намечаются «сдвиги» в развитые страны электронной промышленности. Однако низкий удельный вес стоимости этих изделий и суперразвитая инфраструктура этой промышленности в Китае еще надолго оставят эту страну в ранге мирового сборочного цеха электроники.

Под угрозой роботизации и решоринга стоит крупнейший по занятости сектор промышленности во многих бедных странах – производство текстиля, одежды и обуви. С изобретением, так называемых робошвей, обладающих техническим зрением и технологиями манипулирования с тканями, а также других роботов, владеющих тонкой моторикой, занятость в этой отрасли во Вьетнаме, Камбодже, Индонезии, Бангладеш, Мьянме, а также в Индии и Китае и других странах ЮВА может сократиться в 5–10 раз.

45% занятий могут быть переданы роботам уже сейчас. Около 5% профессий автоматизируются в полной мере благодаря существующим технологиям, 60% могут быть автоматизированы частично, что приведет к значительному переосмыслению профессии и преобразению бизнес-процессов. Быстрое развитие технологий и автоматизации производства все большего числа товаров и услуг ставит под угрозу не только рабочие места с "грубым" физическим, рутинным трудом, но в перспективе также угрожает отнять интеллектуальную и творческую работу у людей в таких сферах, как здравоохранение, журналистика, инжиниринг, программирование и т.д.

В сфере разработки промышленных роботов известен лишь один отечественный пример (по состоянию на 2015 г.). В 2014 г. группой компаний "Робокон" из Самары был создан промышленный робот-манипулятор Gelios 20 – антропоморфный 6-ти степенной. В Новосибирске существует несколько компаний, которые поставляют промышленные роботы известных зарубежных производителей и осуществляют их системную интеграцию. Например, компания Альфа Инжиниринг является официальным интегратором робототехники и сопутствующих систем японской компании FANUC – крупнейшего и самого успешного производителя промышленных роботов в мире. Роботы FANUC стали технической основой для поставляемых компанией роботизированных комплексов Robomatic.

В Новосибирске в 2011 г. была создана "Лига роботов" – проект предлагал робототехникам Новосибирска и области попробовать свои силы в разработке и создании роботов и принять участие в конкурсах, семинарах, конференциях различного масштаба. Представлено несколько компаний, владеющих роботами – мультикоптерами, которые предлагают услуги аэрофотосъемки и аэровидеосъемки в Новосибирске. Компания «ОптиПлейн» с 2015 г. является резидентом Новосибирского Академпарка, с 2016 г. – резидентом «Сколково». За время работы были разработаны десятки

уникальных инженерных решений, среди которых: гибридная схема беспилотного аппарата, мониторинг снежного покрова на горнолыжных курортах, коррекция антенн сотовой связи с воздуха и другие проекты. Наибольший интерес представляют технически сложные задачи, обладающие научным и конструкторским потенциалом. Имеет опыт создания «беспилотников» для обеспечения безопасности, мониторинга объектов, съемки в нестабильных погодных условиях. Организовано обучение дистанционно управляющих пилотов (единственный обучающий центр в Сибири).

В новосибирском ООО «Модульные Системы Торнадо» разработан прототип Национальной платформы промышленной автоматизации (НППА), универсальный программно-технический комплекс (ПТК), отвечающий всем запросам времени и успешно применяемый на критически важных объектах в энергетике и промышленности. Архитектура прототипа НППА – ПТК «Торнадо-Н», инновационная разработка резидентов Технопарка новосибирского Академгородка. Это программы, исполняемые в облачном компьютерном пуле, взаимодействующем с общей подсистемой ввода/вывода через общую быстродействующую сеть.

Вторая. Аддитивные технологии [Аддитивные..., 2019; Передовые..., 2019].

Нужное изделие наращивается. Тогда как современные – «негативные» («дедитивные»?) – технологии построены по принципу Родена: взять глыбу мрамора и отсечь от нее все лишнее. В современных производствах (особенно в добывающей промышленности) этого «лишнего» может быть слишком много, да и оно часто оказывается более ценным, чем конечная «статуя».

Одним из важнейших направлений аддитивных технологий является 3D-принтинг. 3D-принтер не наносит краску на поверхности, а послойно формирует изделие, пока оно не примет окончательный вид. Он «выращивает» объект из пластмассы, металла или других материалов, используя разные физико-химические эффекты: наносимые слои жидкого материала (керамики или пластика) быстро застывают, или они формируются металлическим порошком, частицы которого сплавляются лазером или как-то иначе. Использование этих технологий резко повышает производительность труда, сокращает количество используемого оборудования, количество комплектующих в готовом изделии, практически исключает отходы производства, как правило, улучшает качество готового изделия (его прочность и т.д.).

Уже сегодня аддитивные технологии получают всё более широкое распространение в машиностроении, аэрокосмической промышленности, двигателестроении, металлургии, биомедицине. С помощью аддитивных технологий люди уже пробуют возводить жилые дома и офисы, создают первые прототипы «пластикового» огнестрельного оружия, печатают протезы для кистей рук и нижних конечностей, разрабатывают специальные биочернила для печати костных тканей и хрящей.

Интересный пример дает проект RepRap (от англ. Replicating Rapid Prototyper – самовоспроизводящийся механизм для быстрого изготовления прототипов) – инициатива, направленная на создание самокопирующегося устройства, которое может быть использовано для быстрого прототипирования и производства. Устройство RepRap представляет собой 3D-принтер, способный создавать объемные артефакты на основе моделей, сгенерированных компьютером. Он фактически бесплатный (каждый может напечатать себе или товарищу такое устройство) с открытым исходным кодом. Проект был основан в 2005 г. доктором Адрианом Боуером, преподавателем машиностроения в университете Бата в Великобритании. В 2017 г. был признан самым значимым 3D-печатным объектом. В настоящее время – самый распространенный 3D-принтер – около четверти мирового парка этих устройств. Предполагается, что проект может стать одной из «прорывных технологий» наравне с персональным компьютером и интегральными микросхемами.

Стоимость 3D-принтеров быстро сокращается начиная с примерно 2010 г.: устройства, стоившие на тот момент \$20 000, ныне обходятся в \$1 000 или меньше. Многие компании уже предлагают бюджетные комплекты для сборки RepRap стоимостью менее \$500. Открытый проект Fab@Home привел к разработке принтеров общего назначения, способных печатать всем, что может быть выдавлено через сопло – от шоколада до силиконовой замазки и химических реагентов. Принтеры, выполненные на основе этого дизайна доступны в виде сборочных комплектов с 2012 г. по цене около \$2 000.

Об исключительной перспективности таких технологий говорит тот факт, что в США бесплатно поставляют 3D-принтеры в школы и обучают ребят на уроках труда работать с ними. Так в свое время поступали с компьютерами.

Масштабы аддитивной индустрии пока измеряются сотыми процента общемирового промышленного производства, но они

демонстрируют 25–30-процентные темпы годового прироста. Безусловным лидером является США. Затем следуют Япония, Германия, Китай и Великобритания. Россия в сфере промышленного применения этих средств лидирующих позиций не занимает. Но несколько позитивных примеров привести можно.

В российской объединенной двигателестроительной корпорации аддитивные технологии с успехом внедрены при изготовлении авиадвигателей для гражданской авиации, а также в конструкции нового газотурбинного двигателя морского применения. Планируется, что до 20% деталей в массе двигателей будут изготавливаться с помощью 3D-печати. Аддитивным способом планируют печатать отдельные компоненты и «Вертолеты России» – в первую очередь несилловые детали и элементы рулевого управления. Очень сильные позиции в сфере трехмерной печати у предприятий «Росатома». Например, первый российский 3D-принтер металлической печати был сделан в «ЦНИИТмаш» (Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения, г. Москва). На выходе получаются сложнопрофильные изделия, которые на 10–15% прочнее тех, что изготавливаются традиционным литьем. Разработкой 3D-принтеров в нашей стране занимается целый ряд исследовательских центров – Московский центр лазерных технологий МГТУ имени Баумана, Санкт-Петербургский «Политех», Томский политехнический университет и другие. На базе НПО «Сатурн» в Рыбинске центр аддитивных технологий создает «Ростех».

Сегодня речь о полном переходе на аддитивные технологии не идет – пока что они способны эффективно дополнять классические процессы или заменять их на каком-то определенном участке цикла. Железнодорожный рельс можно «напечатать», но, чтобы он приобрел нужные качества его все-таки необходимо «прокатить» на стане. Тем не менее многие эксперты отрасли утверждают, что в недалеком будущем аддитивное производство станет неотъемлемой частью технологических процессов на предприятии.

Сравнительно недавно стали появляться технологии 4D-принтинга. В таких устройствах кроме трех пространственных измерений «работает» ось времени. Изделия получают возможность меняться во времени: материалы, из которых они изготовлены, способны адаптироваться к изменениям окружающей среды (это важно, например, для одежды и обуви, ме-

няющих свои свойства в зависимости от погодных условий), но при этом они обладают «памятью формы», что позволяет им возвращаться в исходное состояние.

Третья. Новые материалы.

Стремительно развивается рынок разнообразных углепластиков, фотополимеров, металлических сплавов, порошковых и волоконных материалов. Традиционные металл и дерево быстро сдают свои позиции. Современные композитные материалы имеют два решающих преимущества: они обладают заранее заданными свойствами, необходимыми для конечного изделия, и позволяют заметно снизить вес конечной конструкции. Последнее особенно важно, например, для авиакосмической отрасли: снижение веса искусственного спутника на околоземной орбите на 1 килограмм приводит к экономии 1 тысячи долларов, а снижение веса самолета на тот же килограмм сокращает годовые эксплуатационные издержки на 30 тысяч долларов.

Композитные материалы все шире используются в судостроении, авиакосмической сфере, строительстве крупных сооружений и мостов, атомной промышленности, медицине и т.д.

Лидерами в новом материаловедении и производстве принципиально новых материалов являются опять же Соединенные Штаты, Япония и Германия. Россия, несмотря на колоссальный научный, и частично технический задел, созданный еще в советские годы, благодаря достижениям институтов АН СССР и деятельности композитной промышленности в настоящий момент не входит в число лидеров. Хотя отдельные разработки у российских ученых имеются.

Имеются и позитивные примеры промышленного применения новых материалов в нашей стране. Доля композитных материалов в конструкции нового флагмана российской гражданской авиации – самолета МС-21 доходит до 35%. За счет этого лайнер обладает высокими аэродинамическими качествами, потребляет меньше топлива и требует меньше затрат в ходе эксплуатации по сравнению со своими главными конкурентами – Boeing 737 и Airbus A320.

Четвертое. Информационные технологии, пронизывающие все производственно-логистические структуры и кластеры, интегрирующие их в некие макротехнологические комплексы (цифровая экономика). Эта интеграция осуществляется на базе сочетания и взаимодействия нескольких факторов.

Фактор 1: Большие Данные – Big Data (bigdata).

Это полная, исчерпывающая, а не выборочная информация об объекте в режиме on line. Использование такой информации исключает наиболее распространенные и наиболее значимые ошибки, вызванные выборочным характером данных. Еще важнее другое: актуальность выявления причинности теряется. Найденные простые корреляции становятся надежными основаниями для принятия решений.

Масштабы накопленных данных невообразимо огромны.

Для справки:

Мегабайт, МБ – 10^6 , миллион байт; 5 МБ – полное собрание сочинений Шекспира.

Гигабайт, ГБ – 10^9 , миллиард байт; 10 ГБ – полнометражный фильм в хорошем качестве (2 тыс. библиотек Шекспира).

Терабайт, ТБ – 10^{12} , триллион байт; 10–20 ТБ – печатные тексты библиотеки Конгресса США (1–2 тыс. полнометражных фильмов, 4–5 млн библиотек Шекспира).

Петабайт, ПБ – 10^{15} , квадрилион байт; 3–4 ПБ – библиотека Конгресса США с учетом аудио и видео форматов; несколько ПБ – объем накопленных данных в базах данных (БД) ряда российских компаний («Мегафон», «РЭЛЭКС» и др.).

Эксабайт, ЭБ – 10^{18} , квинтиллион байт; несколько ЭБ – потенциальная емкость современной БД.

Зетабайт, ЗБ – 10^{21} , 10 ЗБ – объем накопленных данных на планете на 2015 г. (несколько сот тыс. библиотек Конгресса США).

Йотабайт, ИБ – 10^{24} , объем накопленных данных на 100 планетах типа «Земля-2015». 7–10-летняя перспектива для нашей планеты.

Сегодня безусловными лидерами в сфере Больших Данных являются США, Великобритания, Япония и Китай. В нашей стране разработана мощнейшая алгоритмическая и математическая база для интеллектуального анализа Больших Данных, но она применяется весьма слабо. Большие Данные, генерируемые таможенными, налоговыми, транспортными службами, торговыми сетями, финансовыми структурами используются недостаточно эффективно. То, что у нас называют анализом Больших Данных (имеются примеры Сбербанка, Мегафона, МТС, Яндекса, Газпромнефти и т.д.) в подавляющей части – это уже много лет применяемая за рубежом традиционная бизнес-аналитика.

Имеется только одна российская система управления базами данных (СУБД), получившая коммерческое признание. Это – ЛИНТЕР, продукт НТЦ «РЕЛЭКС» (РЕЛЯционные ЭКспертные Системы). ЛИНТЕР, мощностью почти эксабайт, является классической реляционной СУБД, т.е. хранилищем таблиц – жестко структурированных данных.

Однако одной из основных особенностей Больших Данных является их неоднородность и плохая структурированность. Единицами информации в них может быть все что угодно: не только числа или таблицы, но и тексты, картинки, ролики и т.д. Для работы с такими данными используются подходы, совокупность которых получила название NoSQL – not only SQL, «не только SQL» (SQL – *Structured Query Language* – «структурированный язык запросов»).

Другой особенностью Больших Данных является то, что их техническое обеспечение ориентировано не на суперкомпьютеры, а на кластеры компьютерных устройств, состоящих из сотен тысяч узлов. Эти кластеры реализуют облачные и распределенные технологии. Одной из наиболее успешных таких реализаций является проект Hadoop организации Apache Software Foundation. Реализация этого проекта была инициирована Дугом Каттингом в 2005 г., который и назвал его в честь слоненка – любимой игрушки своей дочери.

В настоящее время это одна из самых популярных технологий Больших Данных. Она прекрасно выражает саму суть феномена Больших Данных, состоящую в выстраивании цепочек «данные – информация – знания» (интеллектуальный анализ данных – *data mining*). В начале ее (цепочки) огромные массивы плохо структурированных, противоречивых и несопоставимых данных, в конце – знания, полезные для принятия решений. В начале – «руда», в конце – «золото» и «алмазы».

Фактор 2: агент-ориентированное моделирование.

В АО-моделях (агент-ориентированных моделях) описывается поведение агентов – участников процесса исходя из их собственных, естественных стремлений. Основное содержание – алгоритмически представленные механизмы взаимодействия агентов, т.е. разнообразные рынки: товарные, трудовые, финансовые и т.д. Макродинамика оказывается следствием этих микроэкономических причин и проявляется как результат компьютерного эксперимента.

Теоретические концепции, будь то Маркса или Кейнса, Вальраса или Кругмана отступают на второй план. Генерируются альтернативные позиции. Вырабатываются более конструктивные меры государственной политики, мало зависимые от теоретических предпочтений лиц, принимающих решения.

При описании «обычных» экономико-математических моделей представляются переменные и параметры модели и записываются уравнения и неравенства, обычно, с комментариями, раскрывающими их смысл и значение. При описании АО-моделей формализмы – вторичны. Главную роль играют смысловые и содержательные установки. Да и сами «формализмы» имеют форму не только и не столько уравнений и неравенств, сколько алгоритмов и блок-схем.

Стандарты описания АО-моделей стали складываться в последнее десятилетие. Широкое распространение сейчас получает, так называемый ОДД-протокол (ОДД – обзор, дизайн, детали), впервые предложенный в 2006 г. Он имеет форму анкетного бланка, при заполнении которого получается концептуальный, а впоследствии и детальный портрет модели.

Уже сейчас разработаны и успешно используются АО-модели с количеством агентов, приближающимся к реальным. Т.е. это десятки и сотни тысяч фирм и домашних хозяйств, миллионы людей. В России такие модели только начинают создаваться. Безусловным российским лидером в этой области является ЦЭМИ РАН (см., например, [Бахтизин и др., 2018]), АО-модели пространственного развития начинают строить и использовать в ИЭОПП СО РАН (см., например, [Суслов и др., 2016]).

Для техногенных систем подобные модели (ЭО – элемент-ориентированные) позволят не только и даже не столько предсказывать техногенные катастрофы, сколько определять время замены детали, узла, ремонта текущего или капитального и т.д. Такие АО- или ЭО-модели, конечно же, должны базироваться на Больших Данных. Способ работы с такими моделями – компьютерный эксперимент. Поэтому полноценная работа становится возможной при использовании супервычислительных машин, облачных и распределенных вычислений.

Фактор 3: когнитивные экспертные системы.

В основу когнитивных вычислений заложены программы, в определенной степени моделирующие и имитирующие некоторые известные психофизиологические процессы. За счет этого созданы программы, которые обладают возможностями обучаться, са-

модописываться и совершенствоваться, учитывая допущенные ими при решении тех или иных задач ошибки. Используются разнообразные когнитивные технологии, представляющие основные мыслительные процессы человека: системы самообучения, обработка текстов на естественных языках, распознавание речи или объектов.

Наиболее известной экспертной системой, базирующейся на когнитивных вычислениях, стал знаменитый компьютер Watson корпорации IBM (см., например, [IBM..., 2019]), победивший в 2011 г. чемпионов США во вполне человеческой игре – интеллектуальной викторине Jeopardy (русский аналог – «Своя игра»). После победы на игровом поле Watson показал высокие результаты как экспертная система в медицинской онкологии, фармацевтике, полицейских расследованиях, биржевом деле.

IBM приступила к проекту Watson в 2007 г. Отнюдь не на пустом месте. За плечами компании были десятилетия работы с суперкомпьютерами и прорывной успех «Deep blue» (это шахматный компьютер, дословно – «темно-синий» или, в литературном переводе, «глубокая печаль»). В 1997 г. впервые чемпион мира по шахматам среди компьютеров победил чемпиона среди людей – Гарри Каспарова. Сделано это было с таким блеском, что великий шахматист даже публично выражал сомнение, что обыграл его компьютер, а не группа экспертов.

На момент своего теледебюта в 2011 г. Watson представлял собой 750 серверов POWER7, соединенных в систему с объемом в 15 терабайтов памяти. Следует особо подчеркнуть, что это были абсолютно типовые сервера, которые использовались корпорацией для различных нужд и не представляют собой топ суперкомпьютер, которых IBM изготовила тоже достаточно.

В уникальное интеллектуальное ядро Watson`а (программное обеспечение) входило 40 ключевых программ. По оценкам различных экспертов в ближайшие 7–15 лет подобные системы, базирующиеся на Больших Данных, могут вытеснить до 70% работников, занимающихся рутинным умственным трудом в самых различных сферах деятельности.

Россия по этому направлению к лидерам также не относится.

Пятое. Альтернативная энергетика.

Основную роль в производстве энергии на Земле продолжают играть ископаемые невозобновляемые углеводородные ресурсы – уголь, нефть и газ. Однако доля возобновляемых источников энер-

гии (ВИЭ) – ветра, речных потоков, волн, приливов и отливов, солнечного света, внутриземного тепла, биотоплива – постоянно растет с заметным ускорением. Сейчас она достигает в среднем 20–25%, а в отдельных местностях и в отдельные периоды времени – 60–80%.

Солнечная энергетика. Человечеству в год требуется около 10 миллиардов тонн условного топлива. Солнце в год поставляет на нашу планету энергии, эквивалентной примерно 100 триллионам тонн условного топлива (в 10 тысяч раз больше!). Только треть этой энергии утилизируют зеленые растения и морские водоросли. Остальное тратится на поддержание климата, превращается в энергию рек, волн, ветра и т.д.

На Земле запасено 6 триллионов тонн различных углеводов. Т.е. содержащуюся в них энергию Солнце отдает планете всего за три недели. Сейчас человечество в год тратит столько ископаемого топлива, сколько его накапливалось за миллион лет.

Если бы человек смог взять для своего внутреннего потребления хотя бы один процент солнечной энергии (1 триллион тонн условного топлива в год), это решило бы энергетические проблемы на века вперед. И теоретически вполне понятно, как именно взять этот процент. Современные солнечные панели, занявшие существенно меньше одного процента площади пустыни Сахара, обеспечили бы весь мир электроэнергией.

Две крупнейшие в мире солнечные электростанции по 550 МВт расположены в Калифорнии, в России две крупнейшие станции – в Крыму, по 70 и 80 МВт. До возвращения Крыма крупнейшей в России была Кош-Агачская солнечная электростанция, введенная в строй в 2014 г. Кош-Агач – районный центр Республики Алтай на западной границе с Монголией – на южном конце Чуйского тракта. Кош-Агачский район Республики Алтай является одним из самых солнечных мест в России (300 солнечных дней в году). Мощность станции – 10 МВт, инвестиции – 570 млн руб., 2/3 оборудования, задействованного при строительстве станции, произведено российскими предприятиями электротехнической и металлообрабатывающей промышленности.

Существует пока совершенно фантастический проект Пенжинской приливной электростанции (ПЭС). Пенжинская губа, длиной более 300 км и шириной в среднем более 60 км, расположена в северо-восточной части залива Шелихова Охотского моря. Приливная волна в ней достигает в высоту почти 13 м. Это рекорд

для Тихоокеанского бассейна. По площади водной поверхности губа примерно равна озеру Балхаш или Ладожскому озеру (занимающим среди озер по своей площади 14-е и 15-е места в мире). Трудно представить себе, что эти огромные озера каждый день то поднимались бы на 11–13 м, то опускались. В Пенжинской губе такое происходит. Проектируемая здесь ПЭС может достигать мощности 90 Гвт, что более чем в 4 раза превосходит суммарную мощность Ангаро-Енисейских ГЭС.

В связи с возможным строительством железнодорожного перехода через Берингов пролив реализация этого проекта может оказаться вполне реалистичной.

Новые организационные структуры

1) Минифабрики и минизаводы, фаблабы.

Основные направления новой индустрии: гибкость, миниатюризация, индивидуализация (кастомизация). Значительную часть индустриального поля займут минифабрики и минизаводы, фаблабы, оснащенные роботами и 3D-принтерами, устройствами лазерной и лучевой обработки, прецизионными измерительными и контрольными приборами, системами компьютерного моделирования и проектирования, имеющими доступ к облачным технологиям и т.д.

Так называемые фаблабы еще и будут обладать некоторыми свойствами живых организмов. Они будут способны к воспроизводству, в том числе расширенному: они смогут самостоятельно достраивать недостающие технологические звенья в своем составе.

2) Цифровое производство.

Все более важным средством работы таких производственных единиц будет являться так называемое цифровое производство. Это когда либо в облаке ищется и находится техническая документация на изделие, которое надо изготовить в данной микропроизводственной ячейке, либо в этой ячейке формируется заказ на производство нужного изделия, который передается в облако, и после исполнения (неизвестно, где и кем) изделие в готовом виде через мировую сеть передается заказчику.

Цифровое производство приобретает самые неожиданные формы. В настоящее время несколько американских компаний, занятых производством роботов и 3D принтеров, включая Google, заняты реализацией проекта Factory-in-a-Day. Проект, стартовавший в 2013 г., должен позволить разворачивать автоматизированное производство не только на крупных предприятиях, но и на

средних, мелких и сверхмелких, не более чем за 24 часа. Эти заводы комплектуются гибкими многофункциональными роботами, 3D принтерами, лазерными резаками и т.п.

Все необходимое в течение дня можно получить из облака. В ходе эксплуатации завода, так же, как и в случае бытовой техники 24 часа в сутки с пользователями находится на связи служба поддержки и консультации. Т.е. завод поставляется примерно так же, как сегодня продается смартфон или планшет с предустановленным ПО.

Существует и более «глобальный» взгляд на «цифровизацию» как на качественно новый этап развития экономики, состоящий в переходе к «цифровой экономике», нечто совершенно неизвестному ранее. Хотелось бы обозначить «спокойный» взгляд на эту проблему.

В течение последних 15–20 лет в России происходила постоянная смена «официальных» «концепций» реформирования экономики, нацеленной на то, чтобы сделать ее инновационной, основанной на знаниях и т.д. Наукограды, особые экономические зоны (технико-внедренческого и др. типа), территории опережающего развития, кластеры, глобальные рынки Национальной технологической инициативы, сквозные технологии цифровой экономики. Переход к новой «концепции» никогда не сопровождался анализом причин «провала» предыдущей. То же – в точности – происходит и сейчас (в 2018–2019 гг.).

Цифровое производство, цифровое предприятие, цифровая фабрика, виртуальная фабрика, Индустрия 4.0, Производство 4.0, цифровая экономика будущего, цифровая индустрия, умное месторождение, умный город, интеллектуальные технологии, безлюдное производство, безлюдный склад, аддитивные технологии, интернет вещей, смарт грид – это далеко не все, что сейчас активно обсуждается по этой теме.

«Спокойный» взгляд на «цифровизацию» должен, на наш взгляд, заключаться в следующем.

Главную роль в технологической истории человечества играет прогресс в «обычных» материальных технологиях, преобразующих исходное, первичное вещество, природное сырье в предметы и услуги, полезные для человека. Металлургия, машиностроение, химическая, легкая и пищевая промышленность, деревообработка, сельское хозяйство, строительство, энергетика, транспорт и т.д. Именно повышение «высокотехнологичности» и «наукоемкости» этих сфер деятельности (на 1-м этаже

представленного выше «технологического пирога») имеет решающее значение.

«Цифровизация» это лишь очередной этап информационной революции (на 2-м этаже «технологического пирога»), связанный со сменой носителей информации: от аналоговых к цифровым. Суть не меняется, хотя, конечно, возможности «информатизированности» во много раз возрастают. «Мода» на создание и даже какое-то использование «цифровых двойников» управляемых объектов возникла отнюдь не на пустом месте. Математические модели материальных и социально-экономических систем разрабатываются и продуктивно используются уже много десятилетий.

Другой вопрос: каковы возможные тренды трансформации экономического пространства в связи с наблюдаемыми тенденциями научно-технологического прогресса вообще и цифровизацией, в частности? Они противоречивы.

С одной стороны.

Постоянно возрастает значение связей науки, образования и бизнеса, синергия взаимодействия культурной, общественно-политической и экономической жизни. Возникают агломерационные эффекты, способствующие появлению мегагородов, в которых человек может максимально проявить себя, найти свое место в обществе, создать наиболее комфортную для себя среду обитания. Этому способствует быстрое распространение экологичных и экономичных технологий безопасного проживания в больших городах, которые имеют, в том числе цифровую форму.

Развитие гигантских городских агломераций, имеющее место в современном мире и рекомендованное определенными властными кругами для России, приводит и к негативным последствиям. К деградации, обезлюдиванию, обветшанию окружающего пространства, особенно, если оно изначально мало освоено, как в восточной России. И чем больше агломерация, тем шире зона «поражения». Например, для Новосибирской агломерации эта зона может «покрыть» всю Новосибирскую область.

В такой парадигме развития России Сибирь, Дальний Восток, Арктика как российские территории будущего не имеют.

С другой стороны.

Современное информационное пространство, имеющее цифровую платформу и образованное высокотехнологичными коммуникационными, интеллектуально-вычислительными средствами, технологические возможности «нового материального» производ-

ства способны интегрировать территориально разобщенные производственно-экономические, общественно-политические и социально-культурные субъекты. Теперь не нужна концентрация большого количества людей для создания «крупных» производственных продуктов. Автоматизация и роботизация с использованием тех же цифровых технологий решает эту проблему.

Мировая цифровизированная сеть создаст немыслимые ранее возможности «распределенной» реализации крупных международных научно-технологических и других проектов. Начинается работа в Японии или Австралии, Новой Зеландии, продолжается в Корее, Китае, России, потом – Западной Европе, потом в США и Канаде. И т.д. – каждые сутки.

Каждый сможет, предварительно заказав в «облаке» техническую документацию, изготовить на домашнем 3D-принтере нужный ему продукт, или получить этот продукт беспилотным дроном «к своему крыльцу», предварительно заказав его в том же «облаке». В случае необходимости ему в ближайшем медицинском пункте сделает сложнейшую операцию бригада хирургов из Нью-Йорка или Москвы, или в местной библиотеке выдадут копии древних мексиканских манускриптов. А вечером, после рыбалки в местной речке или похода за грибами в соседний сосновый бор он сможет сходить на премьеру спектакля в Grand Opera или пройти пороги на одной из сложных рек плато Путорана.

Он будет занят, например, промышленным дизайном индивидуального двухместного вертолета, поиском интересной планеты в созвездии Южного Креста или закономерностей распределения простых чисел. Его быт и степень приобщенности к мировой цивилизации в деревне или малом городке ничем не будет отличаться от всего «супер» и «гипер» больших городов. Разве что он будет более здоровым и без особого стресса. Жизнь в большом городе перестанет быть мечтой деревенского жителя. Эпоха мегаполисов пройдет.

Представляется, что эта вторая тенденция станет главной в наступившем веке.

А в России, по крайней мере, 100-миллионный демографический потенциал юга Сибири и Дальнего Востока будет реализован в XXI веке (для справки: все население России в «коттеджном» варианте расселения может разместиться на небольшой части Новосибирской области, а для всего населения мира было бы достаточно территории такой страны как Монголия).

3) «Гиганты» индустрии – фактически «безлюдные» производства.

В новой индустрии крупные производственные центры останутся необходимыми. Без них не выпустить корабль, ракету, вагон, локомотив, ядерный реактор, 100-метровый рельс или полтораметровую в диаметре трубу для газопровода, трактор или автомобиль, без них не построить многоэтажное здание или мост через широкую реку. Но они не будут гигантами индустрии советского типа, заводами «полного» цикла с многотысячным трудовым контингентом.

Это будут крупные, в том числе сборочные производства, практически безлюдные, полностью автоматизированные и роботизированные, компьютеризированные, информатизированные, частично самовоспроизводящиеся. Такие крупные производственные центры в своей деятельности будут опираться на широкие сети микропроизводителей: минифабрик и минизаводов, фаблабов, о которых речь шла выше. Именно эти сети будут снабжать производственные центры деталями, фурнитурой, комплектующими и т.д.

В такой промышленности фрезеровщики, слесари и токари, если и будут нужны, то только в очень небольшом количестве и только высшей квалификации. Нужны будут информационщики, ремонтники, наладчики, операторы, техники и инженеры, проектировщики, дизайнеры, исследователи – тоже очень высокой квалификации.

В XIX веке и еще раньше одна и та же профессия передавалась из поколения в поколение: если человек был сапожником, то, скорее всего, и его сын был сапожником, а также внук, правнук и так далее. Потом появилась смена профессий каждое поколение, и мы сейчас живем примерно в такое время. Сейчас же ситуация меняется таким образом, что многим молодым людям придется несколько раз на протяжении жизни менять собственную профессию.