

От Науки 4.0 к России 4.0

Малыгин Игорь Геннадьевич доктор технических наук, профессор, директор ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

199178, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, e-mail: malygin_com@mail.ru

Комашинский Владимир Ильи доктор технических наук, доцент; заместитель директора по научной работе ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

199178, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, e-mail: kama54@rambler.ru

Цыганов Владимир Викторович доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Аннотация

В статье, в ретроспективно-перспективном контексте рассмотрены процессы коэволюции (совместного и согласованного развития) науки, образования, промышленности и национальной экономики. Сформулирован ряд предложений, направленных на ускорение процессов инновационного развития РФ на ближайший период.

Ключевые слова: наука 4.0, образование 4.0, четвертая индустриальная революция, государственная научно-технологическая идеология, искусственный интеллект.

Введение

Открытие новых знаний в науке является систематическим процессом, посредством которого ученые делают логические выводы относительно

окружающего нас мира, создают новые теории, основанные на этих выводах и делиться результатами с другими учеными и людьми других профессий, что позволяет проводить их критический обзор и находить консенсус до того, как новые знания будут добавлены в общую коллекцию знаний. Прежде чем достоверные новые знания начинают материализоваться в новых промышленных изделиях, в товарах и услугах, они передаются через образовательную систему, которая изучает и преобразует полученные новые знания в технологии. Научно и технологически подготовленные выпускники образовательных учреждений (инженеры, рабочие и служащие) осуществляют конвергенцию всех необходимых атрибутов экономики (труда, технологий, материалов, энергии и капиталов) в новые промышленные изделия, товары и услуги.

Развитие науки происходит неравномерно как во времени, так и в пространстве. Периодически возникающий, всплеск новых знаний вызывает обновление образовательных программ и промышленных технологий, что периодически приводит к возникновению новых индустриальных революций приводящих к существенным преобразованиям в экономике, политике и социальной сфере. В частности, в последнее время в мире стартовала 4-я индустриальная революция (рис. 1) вызывающая существенные обновления на всех узлах инновационного цикла (Наука-4.0, Образование-4.0, Индустрия-4.0).



Рис.1 Обобщенная структура инновационного цикла России в период 4-й индустриальной революции

Важно отметить, что в отличие от материи, капитала, энергии, труда и технологий - традиционных атрибутов экономики, знания само обновляются. Они производятся и потребляются одновременно. Их стоимость увеличивается по мере использования (они не истощаются, как сырье, энергия, товары и услуги). Знания - это ресурс, созданный людьми, и обеспечивающий их развитие. Чем меньше времени занимает инновационный цикл (включающий формирование, передачу и материализацию новых знаний) тем интенсивней развивается общество и все его институты. Необходимо также отметить важность своевременного включения в революционные индустриальные преобразования. Опыт предшествующих трех индустриальных революций показывает [1-3], что страны, не включившиеся в революционно-индустриальные преобразования, в конечном итоге, теряют свои ранее имевшиеся экономические, политические, военные и др. преимущества и переходят в подчинение (на основе использования военных, экономических, политических, социальных и др. инструментов) более успешных стран.

1. Коэволюция науки, образования и индустрии

Анализ особенностей предшествующих индустриальных революций [3-7], позволяет более осмысленно подойти к организации и проведению очередной – неоиндустриальной революции в РФ.

Первая индустриальная революция (рис. 2) началась с изобретения паровых двигателей и продолжилась созданием «парового» производственного оборудования и транспорта на паровой тяге (пароходов, паровозов и железных дорог).

В этот период основной научный акцент (рис. 3) были сосредоточен на развитии механики, теплотехники, теории сопротивления материалов, паровых двигателей и других научных направлений, контекстных требованиям эпохи. Для этого периода характерно появление широкого

класса новых измерительных приборов: манометров, термометров, измерителей силы тяги и др.

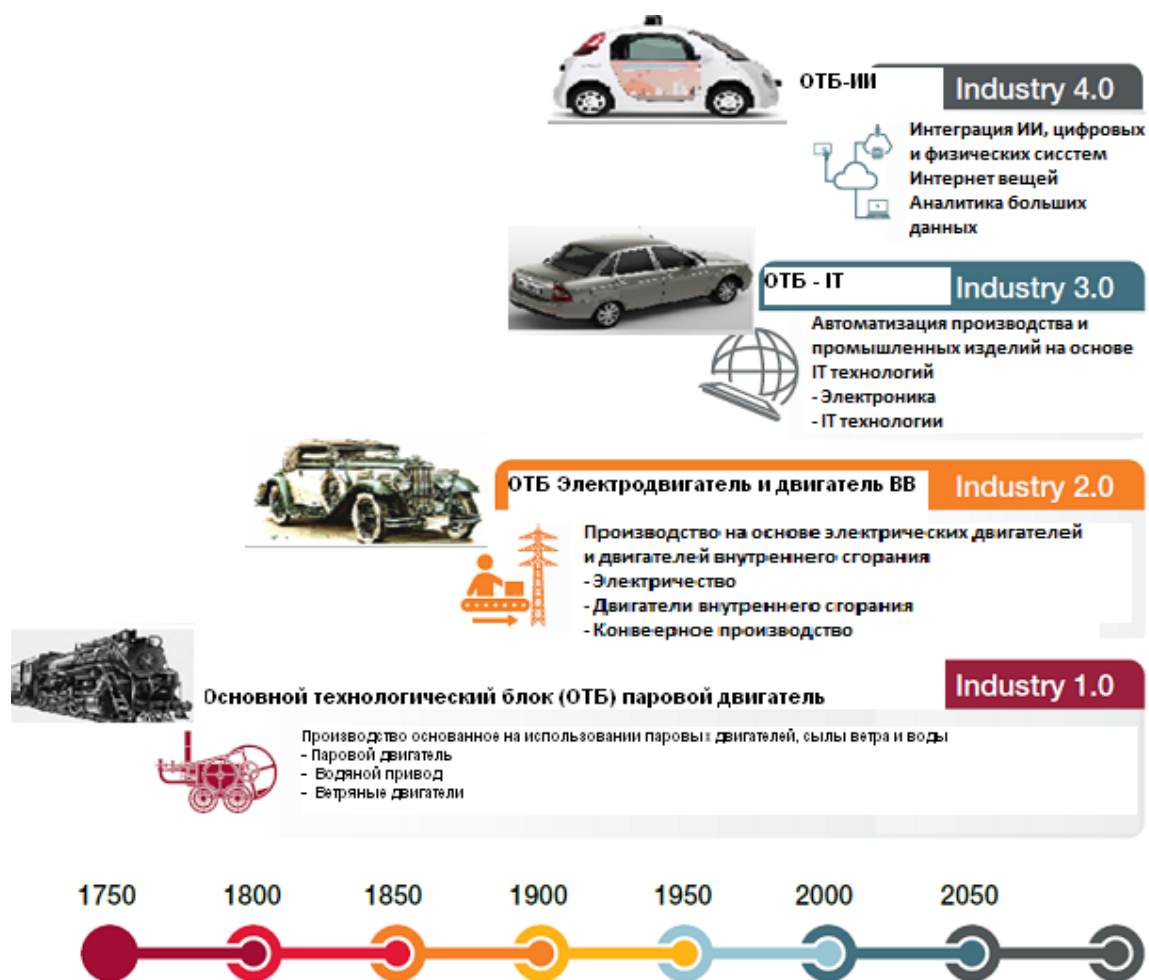


Рис.2 Основные технологические черты индустриальных революций

В этот же период возникла острая необходимость в систематизированном высшем и среднем специальном образовании, расширилась мультидисциплинарность образовательных заведений. Широкое применение получили методы обучения, основанные на комплексировании теоретических и практических знаний. Основной образовательный акцент в этот период делался на математику, физику, химию и других дисциплины, обеспечивающие успешное развитие индустриальной революции. Неравномерность развития образовательных

систем в разных странах стал одной из важных причин неравномерного хода процессов индустриализации-1.0.

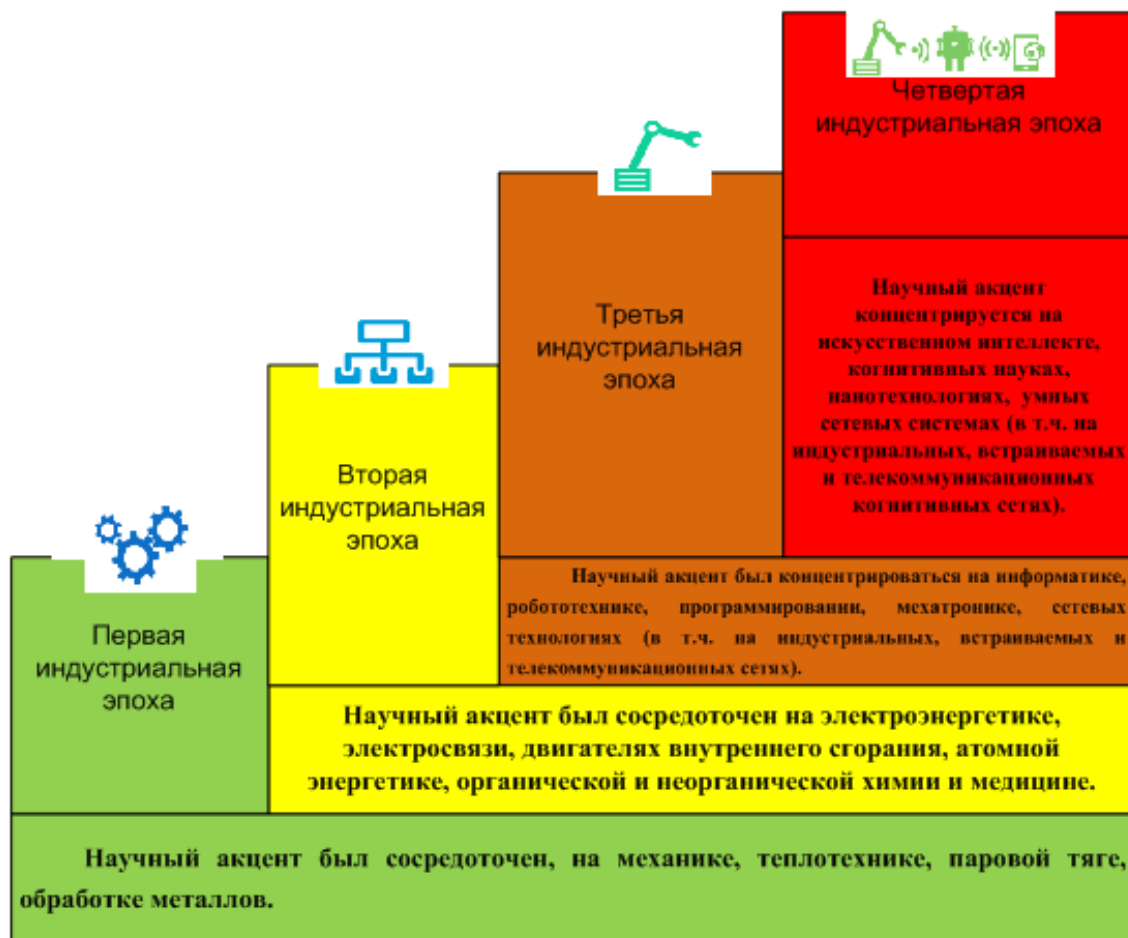


Рис. 3 Новые научные достижения - фундамент новых индустриальных революций

Основой второй индустриальной революции (рис. 2) стали научные открытия и изобретения в области электричества, двигателей внутреннего сгорания, ядерной физики, астрономии, систем радио- и электросвязи (аналоговых), что привело к появлению электрического промышленного оборудования, автомобильного, авиационного и электрического транспорта, а также новых (для того периода времени) электрифицированных бытовых изделий.

В этот период основной научно-образовательный акцент (рис. 3) был расширен в таких направлениях как электричество, магнетизм, электромагнитные волны, двигатели внутреннего сгорания, ядерная энергетика, органическая и неорганическая химия, медицина, электросвязь и

других научных направлениях. Для решения новых задач был существенно расширен научно-исследовательский инструментарий (в частности появились приборы для измерения электричества, магнетизма, радиоизлучений, и т.д.).

В период второй индустриальной революции существенно возросли требования к объему, качеству и содержательному наполнению среднего, специального и высшего образования. Начали широко проводиться лабораторные и практические занятия, появились технологии электронного (аудио и видео уроков) обучения и дистанционного обучения на основе широкого применения учебной и бытовой электроники, систем аналоговой связи, радиовещания и телевидения. В этот период основной образовательный акцент делался на передаче знаний о бензиновых и электрических двигателях, о нефтехимии, об атомной энергетике, о ракетостроении и других смежных с ними направлениях, обеспечивающих успешное воплощение новых технологий и изделий, характерных для второй индустриальной эпохи (Индустрии-2.0). В этот период стала очевидной неразрывная связь образовательных программ и программ индустриального развития.

Фундаментом третьей индустриальной революции (рис. 3) стали научные достижения в области кибернетики, информатики, генетики. Этот период характеризуется автоматизацией производственных процессов на основе широкого использования электроники, вычислительной техники, информационных и коммуникационных технологий, а также выпуском более совершенных компьютеризированных бытовых и промышленных изделий, автоматизированных транспортных систем – наземных, воздушных, морских, космическим (в том числе и автопилотных).

Особенностью этого периода стало расширение научно-образовательного акцента (рис.3) в таких направлениях как кибернетика, вычислительная техника, электроники и мехатроника, программирование, теория информации, теория и практика цифровых телекоммуникаций. Кроме

того компьютеры, компьютерные сети, сетевые информационные базы, базы данных, технологии компьютерного моделирования стали мощными инструментами и ускорителями проведения научных исследований.

В период третьей индустриальной революции существенно изменились требования, как к содержательному наполнению, так и качеству среднего, специального и высшего образования. Потребовалось осуществление компьютеризации образовательной среды, широкое использование сетевых технологий и интернет. Появились системы дистанционного обучения и сетевые университеты. Неотъемлемой частью образовательного процесса стало компьютерное моделирование, вычислительные эксперименты, электронные лабораторные и практические занятия. В этот период стала очевидной неразрывная связь науки, образования и индустриального развития.

Основой наступающей четвертой индустриальной революции [8-10] становятся быстро прогрессирующие научные достижения в области общего и промышленного искусственного интеллекта, обработки больших данных, когнитивных наук и прикладных когнитивных технологий (рис. 2 и рис. 3). **Когнитивные индустриальные информационно-управляющие системы** призваны обеспечить сетевую интеграцию встроенных информационных структур и элементов искусственного интеллекта в объекты, материалы и машины, а также системы логистики, координации и управления процессами, их совместное сетевое взаимодействие [1,10].

Независимо от того, как будет происходить развертывание концепции Industrie 4.0 – революционно или эволюционно, ее реализация приведет существенному изменению парадигм на промышленное производство, выпускаемую ею промышленную продукцию, экономику и политику [6,7,9].

Особенностью этого периода становится расширение научно-образовательного акцента (рис. 3) в таких направлениях как искусственный интеллект, кибер-физические системы, системы обработки больших данных, интернет вещей, теория когнитивных систем и др. Кроме того,

искусственный интеллект, системы сбора и обработки больших данных, когнитивные информационно-телекоммуникационные системы становятся мощными катализаторами для получения новых теоретических и прикладных научных результатов.

Нарастание темпов развития 4-й индустриальной революции естественным образом ведет к изменению содержательного наполнения и особенности построения среднего, специального и высшего образования. Происходит усиление акцента на персонализацию обучения на основе широкого применения электронных учебников, обучающих программ, искусственных когнитивных обучающих систем. В ближайшее время могут быть востребованы технологии гибридного обучения (совместного обучения людей и интеллектуальных машин).

Процесс обучения приобретет непрерывный трехмерный (человек-человек, человек-машина, машина-машина) характер. Для этого периода характерно появление таких новых образовательных дисциплин как квантовые вычисления, искусственный интеллект, когнитивные науки, сбор и обработка больших данных и др. Уже в настоящее время, становится очевидно, что увеличение темпов осуществления 4-й индустриальной революции определяется темпами адаптации поддерживающей ее науки и образования (рис. 4).

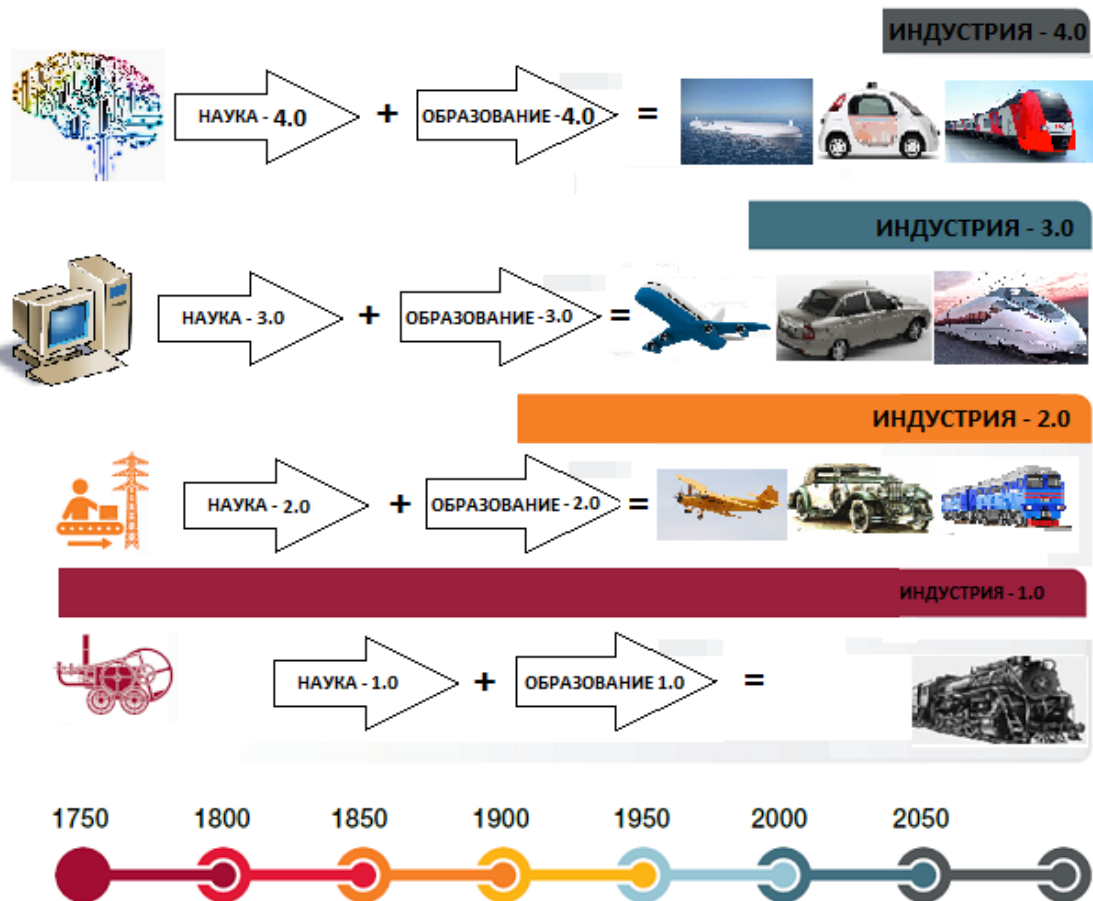


Рис. 4 Ключевые составные части индустриального развития общества

О национальной научно-технологической идеологии

Государственная научно-технологическая идеология - это совокупность научных, технических, технологических и образовательных идей, на которых основывается технологическое и индустриальное развитие государства на протяжении конкретного технологического периода (рис. 5). Государственная научно-технологическая идеология призвана обеспечить самоорганизацию научно-технологического, образовательного и индустриального пространств.

Государственное научно-технологическое пространство (англ. *State scientific and technological space*) представляет систему научно-исследовательских и технологических программ интеграции научных, технологических и индустриальных государственных ресурсов.

Государственное образовательное пространство является продолжением научно-технологического пространства, простирается и охватывает все объекты и процессы, которые включаются в образовательный процесс, приводят к образовательному результату – формированию соответствующее текущему времени индивидуальной научно технической, технологической, индустриальной и социальной культуры.

Государственное индустриальное пространство является **практическим продолжением научно-технологического и образовательного пространств** и представляет собой совокупность технологических, организационных и индустриальных возможностей обеспечивающих производство конкурентно способной промышленной и сельскохозяйственной продукции.

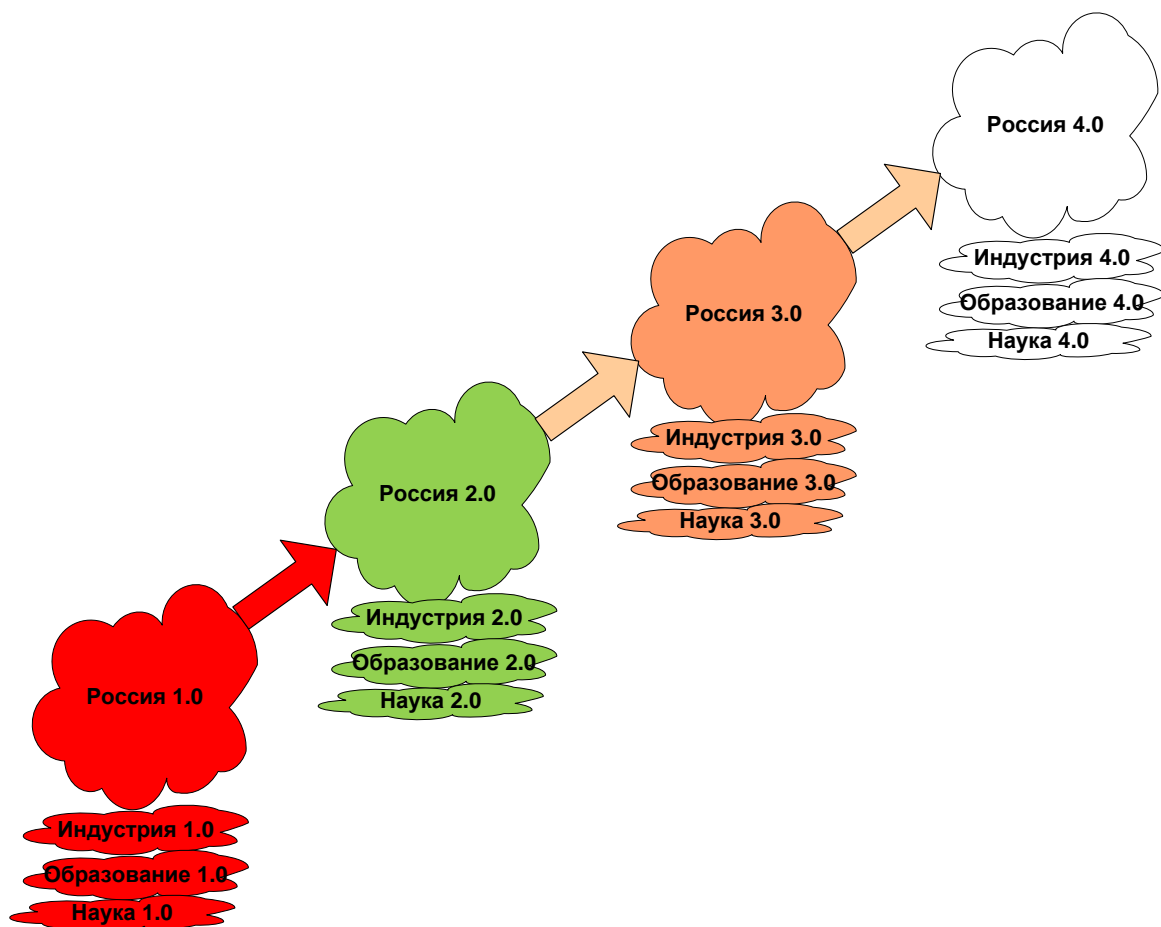


Рис. 5 Фундаментальны элементы национального развития России

Важно отметить, что в отличие от политических и социальных идеологий, которые могут иметь существенные национальные отличия, научно-технологические идеологии формируются в результате совместной работы ученых и промышленников разных стран, носят интернациональный характер и проявляются в виде общепризнанных индустриальных революций (рис. 1 - рис. 4). Процесс осознания и вхождения в очередную индустриальную революцию происходит неравномерно, имеются как лидеры, так и аутсайдеры. Индустриальные революции приводят к существенным изменениям в экономике, политике и социальной сфере. Поэтому государства-лидеры индустриальных революций обычно приобретают конкурентные преимущества как в международной экономике, так и в международной политике.

Таким образом, национальные научно-технологические идеологии являются отражением всемирных технологических тенденций и не остаются неизменными, они периодически корректируются по мере накопления новых научно-технологических достижений, должны быть адекватны времени и отвечать на его вызовы.

Россия не раз в своей истории дорого платила за периодическое отставание ее политической элиты в понимании закономерностей научно-технологического и индустриального развития и необходимости своевременного обновления научно-технологической идеологии.

В частности, в монархической России, период первой индустриальной революции (рис. 1 - рис. 5) был упущен, в результате научно-технологического отставания были допущены поражения в войне с Японией и 1-й мировой войне, поэтому закономерно произошли революционные социальные преобразования 1917 года.

В период второй индустриальной революции (рис. 1 - рис. 5) была сформирована новая научно-технологическая идея, основными чертами которой было введение всеобщего начального (Ликбез) и среднего образования, совершенствование системы высшего образования,

осуществление электрификации (ГОЭЛРО) и индустриализации страны (первый пятилетний план). Несмотря на существенное научно-технологическое отставание России до 2017 года, Вторая индустриальная революция в России была успешно и своевременно осуществлена, в результате страной была одержана победа во 2-й мировой войне и построена передовая для того времени индустриальная экономика.

В начале третьей индустриальной революции (рис. 1 - рис. 5) в России, в силу политических гонений на носителей ряда новых важнейших научных направлений (в частности ученых, занимающихся исследованиями в области кибернетики, генетики, социальной психологии и др.) новая национальная научно-технологическая идеология сформирована не была, руководство страны было отягощено контрпродуктивной идеологией «нового политического мышления». В результате Российская индустриальная платформа устарела, были ослаблены научные, образовательные, индустриальные и экономические связи между республиками, входившими в состав общего государства, произошел политический, экономический и территориальный распад страны.

Несколько лет назад стартовала четвертая индустриальная революция (рис. 1 - рис. 5). Отличительной ее особенностью является широкое применение искусственного интеллекта во всех сферах жизни общества (в науке, образовании, индустрии, сельском хозяйстве и т.д.). Ожидается, что, как и в период прошедших индустриальных эпох, успешные старт и опережающее продвижение 4-й индустриальной революции приведет к существенному перераспределению конкурентных преимуществ в промышленной, экономической, политической, военной, социальной и других сферах. Поэтому в последние несколько лет ряд стран (Китай, США, Канада, Япония, Великобритания и др.) предпринимают значительные усилия, направленные на формирование научно-технологической идеологии, стимулирующей развитие технологий искусственного интеллекта.

Китай

Государственный совет Китая опубликовал в июле 2017 года «План развития искусственного интеллекта (ИИ)», направленный на достижение к 2030 году лидерства в этой области. Документ является декларацией о намерениях, но в нем приводятся основные задачи Китая в области ИИ по созданию внутренней ИИ-инфраструктуры стоимостью в 147,8 млрд. долларов США. Цель этого плана состоит в том, чтобы достичь равенства в технологиях ИИ с другими высокотехнологичными странами к 2020 году. Затем в течение последующих пяти лет Китай планирует выявить и сосредоточиться на развитии прорывных направлениях ИИ, которые должны стать «ключевыми стимулами для экономических преобразований». И наконец, к 2030 году Китай намеревается стать «главным инновационным центром искусственного интеллекта».

США

Правительство США предприняло много шагов для улучшения понимания роли ИИ и определения задач институциональных органов и политиков в ускорении темпов развития ИИ. В 2016 году Управление по науке и технике Правительства США (OSTP) провело ряд семинаров с привлечением академических лидеров посвященных различным социальным, этическими, экономическими и технологическим аспектам ИИ, а в июне 2016 года обратилось к общественности с просьбой о расширении практического применения ИИ. В октябре 2016 года OSTP опубликовала отчет под названием «Подготовка к будущему искусственного интеллекта», в котором подробно излагаются его выводы и рекомендации правительству по проведению политики, направленной на максимизацию экономических и социальных выгод от применения ИИ. В том же месяце подкомитет по исследованиям и разработкам в области сетевых технологий и информационных технологий (NITRD) опубликовал свой национальный стратегический план исследований и разработок в области искусственного интеллекта, в котором подробно представлены семь стратегий, помогающих направлять усилия в области НИОКР, посвященных ИИ, в том числе,

«разработка эффективных методов взаимодействия человека и ИИ», «разработка общедоступных данных и сред для обучения и тестирования ИИ», а также «исследование необходимости переподготовки национальных рабочих и служащих для работы с ИИ и направлений производственных НИОКР». Наконец, в декабре 2017 года Правительство США опубликовало отчет под названием «Искусственный интеллект, автоматизация и экономика», подтверждающий свои более ранние рекомендации, в частности, обязательства правительства США по обеспечению переподготовки рабочих и служащих навыкам, необходимым для перехода к экономике, управляемой ИИ.

Канада

В марте 2017 года Канада запустила свою «Стратегию искусственного интеллекта», которую возглавил Канадский институт перспективных исследований (CIFAR) - некоммерческий научно-исследовательский институт, который получает государственную поддержку. На реализацию стратегии правительство Канады выделило единовременно 125 млн. дол. (98,7 млн. дол. США). Стратегия ИИ преследует четыре цели:

- увеличение количества передовых исследователей искусственного интеллекта и квалифицированных выпускников ВУЗов в Канаде;
- усиление координации научно-технологического взаимодействия трех ведущих центров Канады по ИИ в Эдмонтоне, Монреале и Торонто;
- развитие глобального лидерства и положительных эффектов экономических, этических, политических и правовых эффектов от достижений в области ИИ;
- поддержка национального научно-технологического сообщества в области ИИ.

Институту CIFAR поручена координация выполнения нескольких программ в течение следующих пяти лет в интересах продвижения стратегии, направленную на расширение канадского человеческого капитала, повышение международной роли Канады в области исследований ИИ, а

также перевод исследований ИИ в практическую плоскость в общественном и частном секторах.

Япония

В апреле 2016 года премьер-министр Синдзо Абэ сформировал национальный совет по формированию стратегии в области технологии искусственного интеллекта и разработки «дорожной карты» по развитию и коммерциализации ИИ. В мае 2017 года была опубликована «дорожная карта», названная «Стратегией технологии искусственного интеллекта». В стратегии изложены приоритетные области исследований и разработок, в которых основное внимание уделяется темам производительности труда, автономной мобильности, мобильного медицинского обслуживания и мобильной экологии. Стратегия также поощряет сотрудничество между промышленностью, правительством и научными кругами для продвижения исследований в области ИИ, а также подчеркивает необходимость развития Японией человеческого капитала для работы с ИИ. Япония также сформировала новую стратегию оживления экономики Японии, в которой подробно описывается, как правительство будет поддерживать инновационную экономику. Стратегия-2017 года включает в себя стремление содействовать развитию ИИ-телемедицины, а также развитие автономных транспортных средств и интеллектуальных транспортных инфраструктур, чтобы справиться с нехваткой сотрудников в секторе логистики Японии.

Великобритания

Правительство Великобритании предприняло ряд шагов для улучшения понимания роли ИИ в развитии страны и определения способов, которыми правительство могло бы помочь реализовать его преимущества. В октябре 2016 года Комитет по науке и технологиям Палаты общин опубликовал доклад о робототехнике и ИИ, в котором подробно излагаются многие потенциальные выгоды и проблемы, которые может предложить ИИ. Одним из основных выводов доклада было то, что Соединенному Королевству следует уделять больше внимания совершенствованию своих систем

образования и подготовки кадров для формирования расширенных возможностей национальной рабочей силы и приобретения необходимых навыков для успешной трансформации экономики на основе ИИ. В докладе также подчеркивается необходимость усиления государственного руководства в области робототехники и автономных систем на основе управления инвестициями. В ноябре 2016 года правительственное ведомство по науке опубликовало отчет о возможных последствиях, которые может принести ИИ для общества и подчеркнуло необходимость умного и гибкого управления процессом развития ИИ. «Британская цифровая стратегия», опубликованная в марте 2017 года, признает ИИ как ключевую область, которая может помочь усилить цифровую экономику Соединенного Королевства и включает одобрение инвестиций на сумму 17,3 млн. фунтов стерлингов (22,3 млн. дол. США), направляемых на финансирование разработки технологий ИИ университетами Великобритании.

Выводы: Россия

Правительство России до настоящего времени вяло реагирует на вызовы наступающей 4-й индустриальной революции и проявляет слабый интерес к технологиям искусственного интеллекта. Это объясняется с одной стороны отставанием РФ в создании национальной цифровой индустрии, что привело к отставанию в проведении предшествующей 3-й национальной индустриальной революции, а с другой стороны тем, что нынешняя политическая элита в основном состоит из профессиональных юристов и экономистов и в ней очень слабо представлены передовые ученые и продвинутые технократы.

Рассмотренные ранее шаги, предпринятые в ряде стран, занимающих передовые позиции в технологическом и экономическом развитии, позволяют сформулировать некоторые самые общие меры по инновационному развитию РФ на ближайшее будущее, в частности:

- Правительство России могло бы предпринять шаги для улучшения понимания роли ИИ в развитии страны, определить задачи

институциональных органов и политиков в ускорении темпов развития ИИ, определить способы, которыми правительство могло бы помочь реализовать преимущества практического внедрения ИИ;

- сформулировать национальную научно-технологическую идеологию поэтапного перехода к России-4.0, включающую стратегические мероприятия по достижению паритета с другими странами в области ИИ и последующей стратегии перехода к доминированию в этой сфере;

- в рамках национальной научно-технологической идеологии может быть предусмотрена модернизация, в результате которой усиление взаимодействия между Российской академией наук и министерствами образования, промышленности и связи в интересах обеспечения внутренней самоорганизации и согласованного развития с целью внедрения технологий ИИ;

- ключевым направлением приложения усилий для России может стать применение технологий искусственного интеллекта в сфере транспорта, построения различных автономных транспортных систем (автомобильных, авиационных, космических, водных и железнодорожных) и интеллектуальных транспортных инфраструктур. Если в этом ключевом направлении удастся добиться успеха, то остальные менее сложные направления интеллектуализировать будет не так сложно.

Литература

1. *Комашинский В.И., Осадчий А.И., Rogozинский Г.Г.* Коэволюция информационно-телекоммуникационных технологий и общества // Технологии и средства связи. 2012. № 3 (90). С. 34-37.

2. *Комашинский В., Семин А., Rogozинский Г.* Национальная инфраструктура знаний - нужна ли она России? // Технологии и средства связи. 2013. № 1 (94). С. 20–23.

3. *Комашинский В.И., Малыгин И.Г., Аванесов М.Ю., Комиссаров С.А., Сорокин К.Н.* Сети, информация и знания - основные драйверы

четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информация и космос. 2016. № 1. С. 14-25.

4. Комашинский В.И., Малыгин И.Г. Информационные технологии и искусственный интеллект - основные двигатели четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 12. С. 899-904.

5. The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery, T. Hey, S. Tansley, and K. Tolle, Eds., Redmond, VA: Microsoft Research, 2009, ISBN 978-0-9825442-0-4, <http://fourthparadigm.org>

6. J. Schlick, P. Stephan, M. Loskyll, and D. Lappe, 2014: *Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung*. In: Bauernhansl, T., M. ten Hompel and B. Vogel-Heuser, eds., 2014: *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*.

7. Hermann, Pentek, Otto, 2015: *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*, accessed on 3 February 2015

8. J. Schlick, P. Stephan, M. Loskyll, and D. Lappe, 2014: *Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung*. In: Bauernhansl, T., M. ten Hompel and B. Vogel-Heuser, eds., 2014: *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien und Migration*, 57–84.

9. Nolan, Alastair, “The next production revolution: Key issues and policy proposals,” *OECD* (10 May 2017), http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/science-and-technology/the-nextproduction-revolution/the-next-production-revolution-key-issues-and-policyproposals_9789264271036-5-en#.WSXuv-vyvZ4#page1, page 30.

10. Комашинский В.И., Мардер Н.С., Пармонов А.И. От телекоммуникационной к когнитивной инфокоммуникационной системе // Технологии и средства связи. 2011. № 4. С. 52.