

Разработка методов и моделей анализа и прогнозирования социально-экономических процессов с учетом фактора человеческого капитала

**Москва
2020**

Рецензенты:

П.В. Солодуха, доктор экономических наук
А.Г. Теслинов, доктор технических наук

Р17

Разработка методов и моделей анализа и прогнозирования социально-экономических процессов с учетом фактора человеческого капитала [Текст]: монография. Под ред. В.Н. Голубкина, В.Д. Орехова. – Жуковский: «Международный институт менеджмента ЛИНК», 2020. – 233 с.: рис., табл., граф.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-07328 «Когнитивное прогнозирование социально-экономической динамики и конкурентоспособности России на основе развития человеческого капитала».

Монография посвящена разработке методов и моделей прогнозирования тенденций и закономерностей эволюции трудовой деятельности людей, базирующихся на системном и количественном анализе динамики экономических и социальных показателей.

Созданные авторами модели прогнозирования роста ВВП и социально-экономических индикаторов макроэкономической динамики будут полезны при разработке программ и механизмов общественного развития и выборе стратегий роста человеческого капитала.

Адресована научным работникам, преподавателям, студентам и аспирантам экономических специальностей, а также специалистам, занимающимся стратегическим планированием.

УДК005.521
ББК65.23

Редакторы:

Голубкин В.Н., доктор технических наук, профессор;
Орехов В.Д., кандидат технических наук

Авторы:

Блинникова А.В., Головчанов С.С., Горшенин В.П., Гизятова А.Ш.,
Есипова Э.Ю., Егорова Е.Н., Жаворонкова Н.М., Зайцева Н.А., Каранашев А.Х.,
Кухаренко О.Г., Лютова Т.В., Орехов В.Д., Панфилова Е.А., Причина О.С.,
Савватеев Е.В., Щенникова Е.С., Эмих О.К.

ISBN 978-5-7527-0580-9

© О.С. Причина, 2020
© В.Д. Орехов, 2020

Содержание

Авторы	4
Введение	5
Глава 1. Базис функционирования человеческого капитала: люди, знания, наука	8
1.1. Рост численности населения	10
1.2. Закономерности динамики знаний и их взаимосвязь с ростом ВВП	19
1.3. Современные подходы к трактовке понятия «знание»	24
1.4. Измерение количества явных и скрытых знаний	36
1.5. Моделирование динамики числа ученых в мире в прошлом и будущем	41
Глава 2. Прогнозирование развития социально-экономических систем с учетом образовательной компоненты	51
2.1. Модели и алгоритмы прогнозирования развития социально-экономических систем с учетом образовательной компоненты до 2050 года	51
2.2. Повышение качества подготовки трудовых ресурсов и формирования конкурентоспособности работников: анализ результатов проекта PISA	61
2.3. Профессиональные стандарты как ядро новой образовательной парадигмы	68
2.4. Современные тенденции формирования человеческого капитала на основе трансформации системы профессионального образования	79
2.5. Закономерности трудовой деятельности коллективов в области R&D: факторы и резервы повышения производительности труда	87
Глава 3. Прогнозирование динамики технологических революций	97
3.1. Новые закономерности динамики технологических революций и экспоненциальной эволюции	97
3.2. Алгоритм прогнозирования тематики технологической революции с использованием анализа базы научных журналов SCImago JR	119
Глава 4. Модели прогнозирования на основе интегральных индексов	149
4.1. Анализ характеристик Индекса «Качество государственного управления»	149
4.2. Прогнозная модель экономического роста на основе образовательных индикаторов	163
4.3. Модель прогнозирования экономической динамики стран на базе глобальных Индексов	177
4.4. Научный анализ индекса экономики счастья применительно к развитию человеческого капитала	192
Основные выводы по содержанию монографии	208
Заключение	210
Приложение 1. Терминологический словарь	212
Приложение 2. Условные обозначения	213
Литература	215

Авторы:

Блинникова А.В., к.э.н., доцент, МВА, доцент кафедры, Государственный университет управления

Головчанов С.С., к.соц.н., председатель Ярославского регионального отделения Общероссийской общественно-государственной просветительской организации «Российское общество "Знание"»

Горшенин В.П., д.э.н., профессор, советник ген. директора АО «НПО Лавочкина»

Гизятова А.Ш., к.э.н., доцент, Российский государственный социальный университет

Егорова Е.Н., к.э.н., доцент, Российский государственный социальный университет

Есипова Э.Ю., к.э.н., Раменское приборостроительное КБ, ведущий специалист Администрации направления по НИОКР

Жаворонкова Н.М., к.э.н., МВА, директор курса, Международный институт менеджмента ЛИНК

Зайцева Н.А., д.э.н., профессор кафедры, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

Каранашев А.Х., д.э.н., профессор кафедры, Кабардино-Балкарский государственный университет

Кухаренко О.Г., к.э.н., доцент, Российский государственный социальный университет

Лютова Т.В., к.п.н., МВА, директор курса, Международный институт менеджмента ЛИНК

Орехов В.Д., к.т.н., МВА, профессор кафедры, директор НОЦ, Международный институт менеджмента ЛИНК

Панфилова Е.А., к.э.н., доцент кафедры, Ростовский государственный экономический университет

Причина О.С., д.э.н., профессор, профессор кафедры, Российский государственный социальный университет

Савватеев Е.В., д.э.н., профессор, директор института управления и агробизнеса Московского государственного университета пищевых производств

Щенникова Е.С., к.э.н., МВА, директор Международной школы бизнеса Финансового университета

Эмих О.К., к.т.н., МВА, доцент кафедры, Международный институт менеджмента ЛИНК.

Введение

Данная монография посвящена аргументированному раскрытию роли человеческого капитала и знаний в экономической динамике всего мира и России, в частности. Монография подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-07328 «Когнитивное прогнозирование социально-экономической динамики и конкурентоспособности России на основе развития человеческого капитала».

Крупнейшим вызовом, который в настоящее время стоит перед Россией и всем миром, является демографический переход, приводящий к радикальному изменению динамики роста человеческого капитала, и вследствие этого – к падению темпов роста мирового ВВП (в XXI веке, по прогнозам авторов, до 1% в год). Это делает крайне актуальным поиск новых ресурсов роста человеческого капитала, а также способов их введения в хозяйственную практику и повышения эффективности использования.

Ключевая роль человеческого капитала (ЧК) в монографии связана с тем, что именно он составляет до 80% национального богатства крупнейших мировых экономик. Авторы исследуют ЧК с помощью разных подходов и стремятся создать его целостную системную модель.

Прежде всего, исследуются причины демографического перехода и, соответственно, возможность влияния на демографию в условиях роста ВВП на душу населения.

Другим базисом ЧК является знание, выступающее в двух аспектах. Во-первых, как явное, кодифицированное знание (explicit knowledge), представленное в виде книг и научных трудов и являющееся базисом человеческой цивилизации. Во-вторых, как неявное, или скрытое знание (tacit knowledge), которое заключено в человеческом сознании и является основным инструментом мышления и практической деятельности. Именно скрытое знание представляет собой основное содержание и ценность человеческого капитала, поэтому необходимость исследования его динамики является крайне важной для понимания особенностей развития ЧК и, соответственно, экономической динамики.

Динамика знания тесно связана с образовательной и научной деятельностью, которые выступают в роли основных драйверов человеческого капитала. В связи с этим в монографии рассмотрена динамика численности научных кадров, а также различные аспекты развития образования, в частности преобразование образовательной парадигмы.

Важнейшим феноменом экономической динамики, тесно связанным с ЧК, является циклическое изменение экономической активности. Как известно, оно проявляется в виде технологических революций и экономических кризисов. В результате технологических революций значительная часть навыков специалистов, представляющих человеческий капитал, может стать невостребованной, и резко повыситься спрос на компетенции других специалистов, прежде находившихся в тени. В связи с этим в монографии рассмотрены вопросы прогнозирования дат технологических революций и направленности очередной революции.

Для понимания общей картины социально-экономической динамики и системы взаимосвязей между различными факторами в монографии исследуется влияние на рост ВВП и Индекса счастья широкого комплекса глобальных индексов, дающих в агрегированном виде информацию о различных аспектах деятельности стран. Это позволяет с использованием регрессионного анализа путем сравнения различных стран сформировать Предикторы, позволяющие прогнозировать их социально-экономическое развитие, включая Россию.

Предмет исследования состоит в выявлении количественных взаимосвязей между факторами, характеризующими социально-экономическую динамику, и человеческим капиталом, а также другими показателями окружающей среды, прежде всего – развитием знания.

Цель данного исследования состояла в том, чтобы сформировать прогнозную концептуальную модель развития мировой социально-экономической системы, охватывающую вопросы экономической динамики, человеческого капитала и экономики знания с углубленным вниманием к развитию России и математическому моделированию ключевых аспектов данной концептуальной модели.

В монографии содержательно используются следующие научные дисциплины: системный анализ, управление знаниями и человеческим капиталом, экономическая динамика, прогнозирование, демография, управление персоналом, управление образованием, статистические и другие количественные методы. Все это характеризует ее как междисциплинарную. В монографии широко используется международное сопоставление и учет мирового развития как единой системы.

Большинство разделов монографии представлены в формате, близком к тому, в котором они были опубликованы в виде научных статей, и даны ссылки на эти статьи. При этом внутри глав, как правило, соблюдается последовательность получения этих результатов, вследствие чего завершение одной работы подталкивало исследователей к следующему шагу, развитию методологии и расширению объекта исследования. В ходе написания научных статей важные результаты, полученные расчетные материалы нередко не попадают в печать из-за лимита слов. Их представление в данном труде делает его, по мнению авторов, более целостным и содержательным. Ряд результатов, положивших начало этому исследованию, представлен в монографии В.Д. Орехова «Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания»¹.

Более детальные введения по вопросам составляющих работу отдельных статей будут представлены в соответствующих разделах с тем, чтобы сделать более понятной логику их изложения и не разрывать отсылкой к общему введению.

¹ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

Работа состоит из четырех глав.

Первая глава посвящена базису функционирования человеческого капитала: количеству людей и знания человечества как явных, так и скрытых. Рассмотрена связь объема явных знаний и мирового ВВП. Проанализированы методы измерения явных и скрытых знаний.

Во второй главе внимание уделено образовательной компоненте человеческого капитала, включая качество подготовки трудовых ресурсов, изменение образовательной парадигмы и влияние образовательного уровня специалистов на ВВП страны.

В третьей главе анализируется феномен технологических революций, который тесно связан с качественными изменениями человеческого капитала. На основе анализа тематики научных журналов выявлены потенциальные претенденты на лидерство в очередной технологической революции.

Четвертая глава посвящена разработке индикативной системы прогнозирования роста ВВП и «счастья» людей в зависимости от широкого круга глобальных индексов–Предикторов.

Глава 1. Базис функционирования человеческого капитала: люди, знания, наука

Человеческий капитал формируется и развивается только тогда, когда для этого существует соответствующий базис, который включает, прежде всего, *работников, знания*, которые позволяют им плодотворно трудиться, и *науку*, которая создает эти знания.

Одним из первых количественным анализом народонаселения занялся Томас Мальтус². Основные тезисы его учения сводятся к следующему:

1. Если возрастание населения не задерживается какими-либо препятствиями, то оно удваивается каждые 25 лет и, следовательно, возрастает в геометрической прогрессии.
2. Средства существования при наиболее благоприятных условиях применения человеческого труда никогда не могут возрастать быстрее, чем в арифметической прогрессии.
3. Для сохранения равновесия и обеспечения существующего населения необходимым ему продовольствием нужно, чтобы население постоянно сдерживалось каким-либо высшим законом, чтобы тот из двух противоположных законов размножения, на стороне которого оказывается значительный перевес, сдерживался в определенных границах.
4. Препятствия к размножению, превышающему средства существования населения, разделяются на предупредительные и разрушительные; и те, и другие могут быть сведены к трем видам – нравственному обузданию, пороку и несчастью.

С подачи Мальтуса стала популярной идея ограничения рождаемости и учета средств существования населения (так называемое «мальтузианство»). Дальнейшие исследования показали, что население Земли растет согласно гиперболическому закону, т.е. быстрее, чем указывал Мальтус. Оказалось также, что средства существования не являются принципиальным ограничителем роста населения и в долговременной глобальной перспективе сами зависят от роста населения.

Родоначальником построения математических моделей мирового развития является профессор Джей Форрестер. Он разработал методику «системной динамики», позволяющую моделировать развитие человечества с помощью ЭВМ. Первые результаты были опубликованы в книге «Мировая динамика» в 1971 году. Для анализа мировой динамики Форрестер выделил следующие основные переменные, зависящие от времени³: «население, капиталовложения (фонды), географическое пространство, природные ресурсы, загрязнение и производство продуктов питания». Следует обратить внимание, что развитие технологий или рост знаний не входили в число переменных данной системы. Характерно, что свою работу, которая продолжалась 15 лет, Форрестер рассматривает «лишь

² Мальтус Т.Р. Опыт закона о народонаселении. Пер. с англ. М.: И.О. Лашкевич и К, 1895. С. 14, 18, 33.

³ Форрестер Дж. Мировая динамика. Пер. с англ. М., СПб.: Terra Fantastica, 2003. С. 23, 54.

в качестве предварительной попытки моделирования таких систем»⁴. Он также утверждает, что «точная и окончательная модель мировой системы никогда не может быть построена»⁵.

Как отмечал классик теории сложности М. Джаксон, «системная динамика не в состоянии предсказать развитие, если в будущем будут возникать любого рода случайности или качественные изменения среды, например технологические революции или экономические кризисы»⁶.

Продолжателем работ по моделированию мировой динамики стал Деннис Медоуз⁷, который доложил полученные результаты на заседании Римского клуба в 1972 году. Суть этого доклада заключалась в том, что при сохранении существующей тенденции к росту численности человечества уже следующие поколения достигнут пределов демографической и экономической экспансии, а это приведет мир к кризису и краху. Во избежание глобальной катастрофы на смену существующей парадигме роста должна прийти парадигма «устойчивого развития».

Детальный анализ исследований, проведенных в данном направлении, дан в работах В.А. Садовничьего, А.А. Акаева, А.В. Коротаева и др.⁸. Там же отмечено, что: «несмотря на большое количество исследований и разнообразных моделей в данной области, в настоящее время моделирование мировой динамики переживает определенный кризис, проявлением которого явилась неспособность внятно предсказать мировые финансово-экономические потрясения 2008 года. Для преодоления существующих проблем необходимо заново осмыслить принципы, положенные в основу моделирования мировой динамики. Надо избежать искуса усложнения моделей, сделать их более прозрачными, при этом не утрачивая, а наращивая уровень их системности».

Тем не менее, определенный прогресс в понимании динамики развития человечества был достигнут, причем с использованием относительно простых научных инструментов.

В этой главе мы рассмотрим разработанную авторами теоретическую модель роста человечества, а также динамику роста явных и скрытых знаний и их связь с результатом производительной деятельности людей – валовым мировым продуктом (ВВП).

⁴ Там же. С. 14.

⁵ Там же. С. 15.

⁶ Джаксон М. Теория сложности (complexity) и системный подход // Альманах «Восток». 2005. Вып.100 (раздел «Системная динамика»). http://www.situation.ru/app/j_art_1052.htm

⁷ Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Бернс В. Пределы роста. М.: МГУ, 1991.

⁸ Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. М.: / Науч. сов. по Прогр. фонд. исслед. Презид. Росс. акад. наук «Экономика и социология знания». – М.: ИСПИ РАН, 2012.

1.1. Рост численности населения⁹

В 1960 году в журнале *Science* была опубликована работа Х. Форстера, П. Мора и Л. Амиот¹⁰, в которой показано, что между 1-м и 1958-м годами н.э. динамика численности населения мира (N) может быть описана при помощи уравнения гиперболы

$$N \approx C/(T_1 - T). \quad (1.1)$$

Здесь T – время, измеряемое в годах, $C \approx 180$ млрд – постоянная с размерностью [чел. • лет], $T_1 \approx 2025$ год.

Сергей Петрович Капица¹¹ обратил внимание на то, что уравнение гиперболы является решением дифференциального уравнения

$$dN/dT = N^2 / C. \quad (1.2)$$

Это означает, что темп роста населения Земли в среднем пропорционален квадрату численности населения в данный момент. Скорость роста микроорганизмов при отсутствии дефицита питания описывается уравнением типа $dN/dT = N / C$, а его решением является экспонента, которая считается одной из наиболее быстро растущих функций. Человечество же росло пропорционально квадрату своей численности. В результате в момент времени $T_1 \approx 2025$ год численность населения, согласно формуле (1.1), должна была бы стать бесконечно большой.

Однако в реальности после 1960 года мир-система перешла в другое состояние, которое называется «демографическим переходом» и характеризуется замедлением темпов роста населения. В дальнейшем, согласно прогнозам¹², численность населения Земли должна выйти на стабильный уровень порядка 9–11 млрд человек, как показано на рис. 1.1.

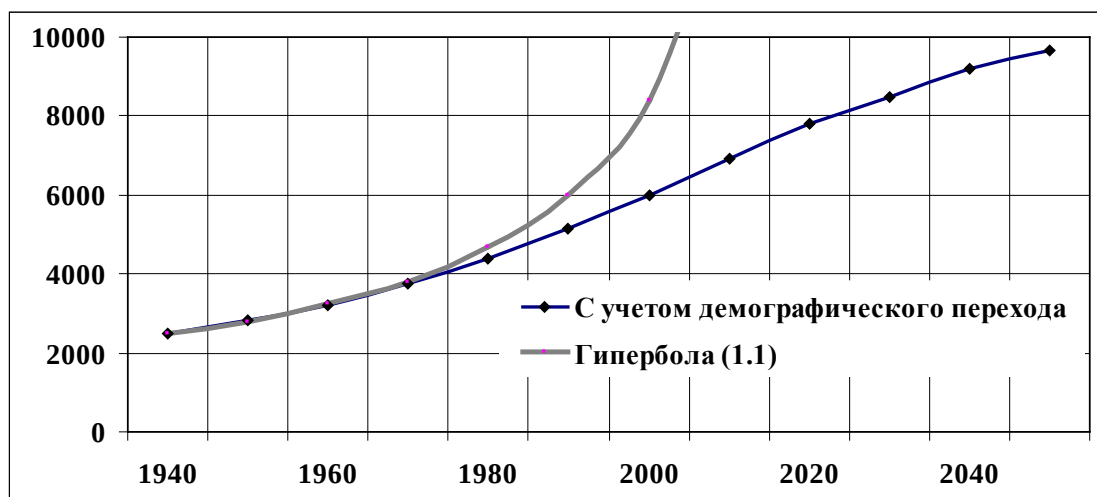


Рис. 1.1. Модели роста населения Земли (млн чел.)

⁹ Основные результаты опубликованы в книге: Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

¹⁰ Forester H., von Mora P. and Amiot L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science* 132:1291–5. 1960.

¹¹ Капица С. П. Математическая модель роста населения мира // Мат. модел. 1992. Т. 4, №6.

<http://www.mathnet.ru/links/5c400f8e7fa7e82d3591297ef0071fac/mm2087.pdf>

¹² Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М.: Альпина нон-фикшен, 2012. – 204 с.

С.П. Капица предложил также уравнение для описания численности человечества на стадии демографического перехода и его решение¹³, которое хорошо согласуется со статистическими данными по росту населения Земли:

$$dN/dT = C/((T_1 - T)^2 - \tau^2); \quad (1.3)$$

$$N = (C/\tau) \cdot \text{Arcth} ((T_1 - T)/\tau). \quad (1.4)$$

Однако эти уравнения «не раскрывают сути действующих законов, оставаясь на феноменологическом уровне констатацией обнаруженной эмпирической закономерности»¹⁴.

Важным результатом, полученным С.П. Капицей, является то, что квадратичная зависимость скорости роста от численности человечества на гиперболической стадии свидетельствует о наличии коллективного взаимодействия. Оно «...определяется механизмом распространения и размножения обобщенной информации в масштабе человечества»¹⁵. Однако более детальное представление о том, что такое «обобщенная информация», как она распространяется, как влияет на рост человечества и почему столь резко снижается ее влияние в период демографического перехода, в работах С.П. Капицы отсутствует.

Если бы ограничивающим фактором было исчерпание ресурсов планеты, включая способности самовосстановления, то человечество попало бы в необратимую ситуацию, контуры которой обозначил Д.Л. Медоуз с соавторами^{16, 17}. В этом случае вполне реальной была бы гибель цивилизации.

Но несколько ранее исчерпания ресурсов Земли стал действовать другой фактор – обратная связь, которая стала тормозить гиперболический рост человечества, начиная с 1960 года. По утверждению М. Кремера¹⁸, причиной этого стало *нежелание* состоятельных семей иметь много детей. Соответственно Кремер предложил эмпирическую зависимость относительного темпа прироста населения – $\Delta N/N$ (рождаемость минус смертность) от валового продукта на душу населения (G/N). Проведенные им расчеты также дают хорошее согласие с реальной зависимостью численности населения в период демографического перехода. Однако не ясно, в какой мере это согласие обеспечено значительным количеством эмпирических параметров, использованных в работе, о чем отмечено в работе¹⁹. К тому же снижение уровня жизни, например в России после 1992 года, не привело к росту рождаемости, а значит функция $\Delta N/N$ зависит не только от G/N и может допускать гистерезис, то есть поведение, зависящее от предыстории явления (при этом прямой и обратный ход процесса могут отличаться).

¹³ См. [11].

¹⁴ Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М. Препр. ИПИМ им. М.В. Келдыша, РАН, 2005. 005.
http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep13/prep2005_13.html

¹⁵ См. [12].

¹⁶ См. [7].

¹⁷ Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. Пределы роста. 30 лет спустя. Пер. с англ. М.: ИКЦ «Академ-книга», 2007.

¹⁸ Kremer M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. The Quarterly Journal of Economics. 1993 (108). P. 694.

¹⁹ См. [14].

Еще один вариант причин демографического перехода предложен А.В. Подлазовым²⁰, который полагал, что по мере развития технологий уменьшается их жизнесберегающая эффективность, то есть способность уменьшать смертность населения. Однако А.В. Коротаев и др. указывали, что эта гипотеза не соответствует действительности, поскольку демографический переход связан с падением рождаемости, а не с невозможностью снижения смертности. Более того, они обосновывали, что причиной демографического перехода является рост женской грамотности в ходе модернизации (технологического прогресса)²¹, что имеет некоторое подтверждение статистическими данными²².

Таким образом, разработано не менее четырех математических моделей, по-разному трактующих причины демографического перехода человечества, как системы, и достаточно хорошо согласующиеся с данными о росте населения Земли.

Есть также большое количество исследований, в которых процесс демографического перехода рассматривается как сумма демографических характеристик в различных странах, в частности прогнозы Департамента по экономическим и социальным вопросам, отдела народонаселения ООН^{23, 24}. Такие исследования значительно более объемны и сложны, поскольку требуют учета распределения по возрастам населения всех стран, динамики рождаемости, миграции и роста благосостояния, а также других демографических факторов. В результате, в них сложно выявить ограниченное число определяющих явление параметров. Как правило, они также недостаточно учитывают системные характеристики демографического перехода, которые очень важны, поскольку человечество развивается, будучи взаимодействующей системой.

Исторически последней из публикаций по системному анализу народонаселения, в которой учтены результаты исследований предыдущих авторов, является упомянутая выше работа А.В. Коротаева и др. Она исходит из того, что причиной демографического перехода послужил рост грамотности женщин. Однако анализ влияния роста грамотности (в десятках процентов) и ВВП по ППС на душу населения в мире (в десятках тысяч международных долларов 2017 года) на суммарный коэффициент рождаемости (СКР) в период 1950–2010 годов (рис. 1.2) показывает, что при монотонном изменении грамотности и ВВП после 1965 года без заметных причин началось падение рождаемости²⁵.

²⁰ Подлазов А.В. Основное уравнение теоретической демографии. – М.: препр. ИПМ им. Келдыша, 2001. (Раздел 1.1) http://www.keldysh.ru/papers/2001/prep88/prep2001_88.html

²¹ См. [19].

²² Bongaarts J. The end of the fertility transition in the developing world // Policy Research Division Working Paper. 2002, no. 161. New York: Population Council.

²³ World Population Prospects: The 2017 Revision. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations. New York. 2017. <https://population.un.org/wpp/Publications/>

²⁴ World Population Prospects: The 2015 Revision. Key Findings and Advance Tables. (2015) Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations, New York. No. ESA/P/WP.241. <https://www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html>

²⁵ Суммарный коэффициент рождаемости (1950–2015). Прогноз ООН от 2010 года, средний вариант. [Электронный ресурс] // Википедия. – 6.05.2019. 19:25 URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>

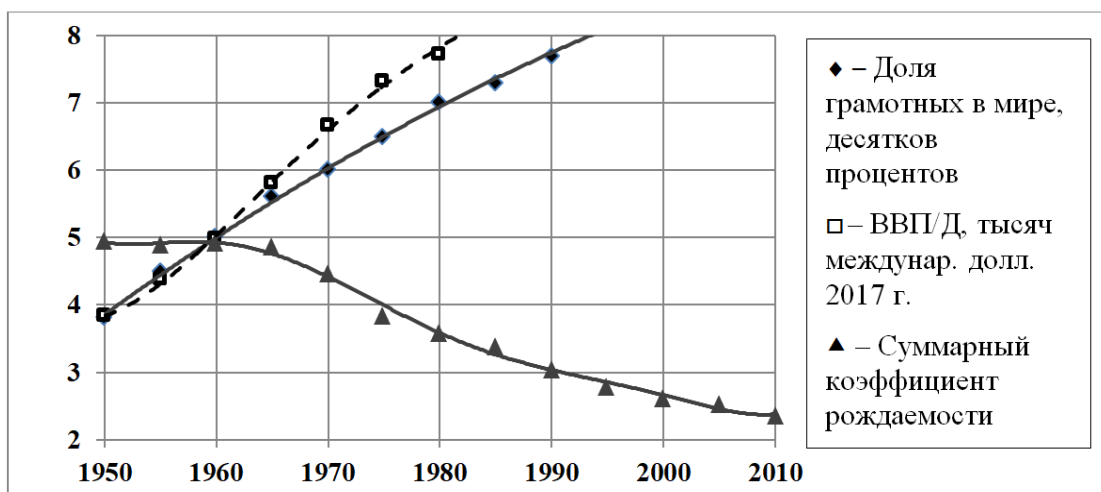


Рис. 1.2. Соотношение СКР, грамотности и ВВП по ППС на душу населения

Представляется, что в процессе индустриализации, который происходил примерно в то же время во многих странах, вовлечение женщин в производственную деятельность и рост грамотности были тесно связаны. Работать по найму и воспитывать детей одновременно стало сложно, что и привело к снижению рождаемости до уровня, позволяющего совмещать работу с воспитанием детей. Таким образом, рост грамотности является не причиной, а следствием важного, с точки зрения экономики, процесса вовлечения женщин в производственную деятельность.

Логично предположить, что причиной демографического перехода является не просто желание состоятельных семей не иметь много детей, как считал Кремер, а их экономическая логика. Семьи делают выбор между двумя альтернативными вариантами поведения женщин: работать по найму или иметь много детей. Чем больше может заработать женщина, тем привлекательнее для нее вариант работы по найму. Такая гипотеза позволяет сформировать математическую модель демографической динамики. Ее основанием является то, что прирост населения dN за время dT пропорционален следующим факторам:

1. Численности населения N ;
2. Величине избыточного ВВП (G) на душу населения ($G/N - m$).
3. Ограничивающему фактору, профиль которого соответствует описанному выше выбору по принципу альтернативной стоимости, в том числе рост рождаемости при малых G/N и ее падение при больших G/N .

Для того чтобы придать модели более удобный аналитический характер, можно взять ограничивающий фактор, по форме аналогичным известному уравнению логистического роста неразумных организмов. Однако здесь мы выберем в качестве ограничителя фактор, рост которого способствует переключению выбора женщин с многодетности на работу по найму, а именно ВВП на душу населения. В результате этот комплекс будет иметь вид $1 - kG/N$. В этом случае дифференциальное уравнение роста числа людей будет иметь следующий вид:

$$dN/dT = AN(G/N - m)(1 - kG/N). \quad (1.5)$$

Для представления величины G/N в аналитическом виде используем соотношение²⁶

$$G = N(m + \gamma N). \quad (1.6)$$

Константы γ и m имеют значения $\gamma = 1,57 \cdot 10^{-6}$ долл./чел.²•год; $m = 333$ долл./чел.•год, в междунар. долл. 2017 года. Используя (1.6), преобразуем уравнение (1.5)

$$dN/dT = A\gamma N^2 ((1 - km) - k\gamma N) \quad (1.7)$$

или в более простой форме^{27, 28}.

$$dN/dT = (1/C)N^2(1 - N/N_{\max}). \quad (1.8)$$

Для определения констант в уравнениях (1.7), (1.8) воспользуемся двумя предельными переходами. При $N/N_{\max} \rightarrow 0$ уравнение (1.8) должно переходить в (1.1), а при $N/N_{\max} \rightarrow 1$ выполняется условие $dN/dT = 0$, $N = N_{\max}$. В результате найдем связь между константами A , k и C , $N_{\max}$

$$A\gamma(1 - km) = 1/C, \quad (1.9)$$

$$k\gamma/(1 - km) = 1/N_{\max}. \quad (1.10)$$

Полученное уравнение для роста численности человечества может быть проверено на адекватность. Так, при известной величине производной dN/dT оно позволяет определить максимальную численность человечества $N_{\max}$ и сравнить ее с известными решениями, например с прогнозом ООН.

$$N_{\max} = N/(1 - C(dN/dT)/N^2). \quad (1.11)$$

Например, в 2015 году скорость роста населения Земли составила $dN/dT = 84.6$ млн чел. в год, $N = 7\,383$ млн чел.²⁹. При $C = 180$ млрд чел.•лет получим, что величина $N_{\max} = 10.25$ млрд чел., что меньше среднего прогноза ООН и модели С.П. Капицы примерно на 10%. Нужно отметить, что согласно прогнозу ООН, вероятность того, что к 2100 году численность населения Земли будет меньше среднего прогноза на 10%, составляет 20%³⁰, что характеризует точности оценки (1.11).

Если ввести безразмерную переменную $X = N/N_{\max}$, то можно преобразовать уравнение (1.8) к виду,

$$(1 / (X^2(1 - X)))dX = (N_{\max}/C)dT, \quad (1.12)$$

решение которого имеет вид

$$1/X - \ln(X/(1 - X)) = (N_{\max}/C)(T_1 - T), \quad (1.13)$$

а при возвращении к переменной N .

$$T = T_1 - C/N + (C/N_{\max})\ln(N/(N_{\max} - N)). \quad (1.14)$$

Сравнение решения (1.14) при $C = 160$ млрд, $N_{\max} = 10.5$ млрд., $T_1 = 2022$ г. со средним прогнозом демографической динамики ООН 2015 года представлено

²⁶ См. [14].

²⁷ См. [12].

²⁸ См. [1].

²⁹ См. [23].

³⁰ Там же.

на рис. 1.3. Данные за период 1900–2050 год соответствуют работе A. Maddison³¹.

Видно, что, в целом, эти две зависимости достаточно хорошо согласованы (отметим, что параметр C , согласно данным в период гиперболического роста³², составляет около 180 млрд, но для расчетов демографического перехода более хорошо согласование с предыдущими значениями обеспечивает значение $C = 160$ млрд).

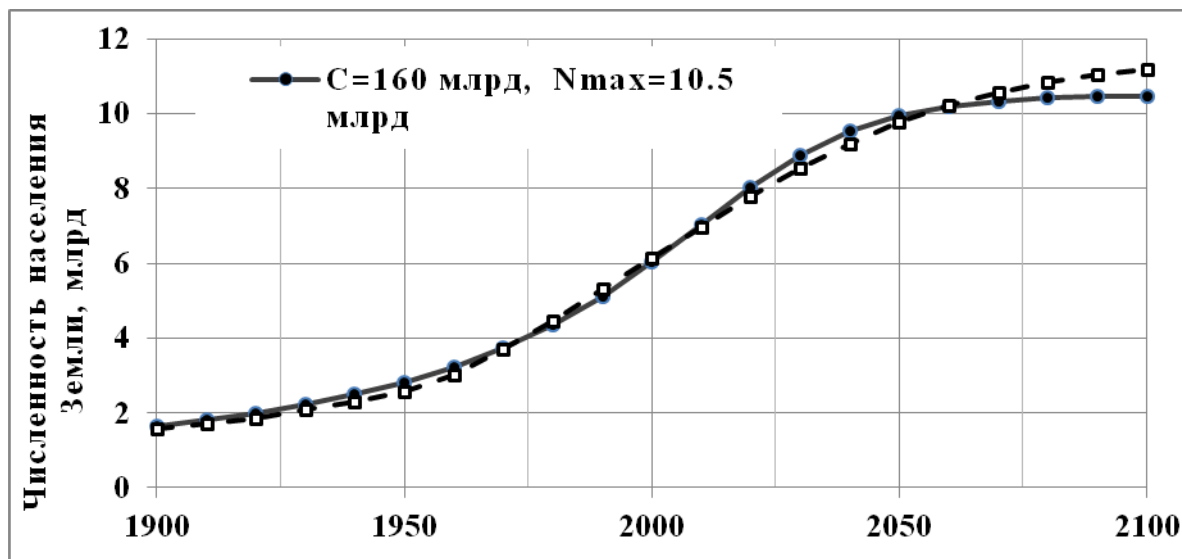


Рис. 1.3. Сравнение полученного решения со средним прогнозом ООН, млрд чел.

Отклонение решения (1.14) от данных ООН максимальное в период 1940–1960 годов и доходит до 9% от текущей численности населения (в 2100 году не более 6,3%). Это происходит из-за того, что теоретическая модель не учитывает фактор снижения численности населения в период второй мировой войны, что отмечал С.П. Капица, а также после нее.

Анализ данных ООН о годовом приросте населения Земли³³ в миллионах человек показывает, что вызванные войнами демографические провалы проявляются в дальнейшем несколько раз, как показано на рис. 1.4 (здесь линия тренда – кубический полином). Необходимо иметь в виду наличие таких колебаний, поскольку они отражают высокую уязвимость демографических процессов к войнам.

³¹ Maddison A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD. GGDC, 2010.

³² См. [12].

³³ См. [23].

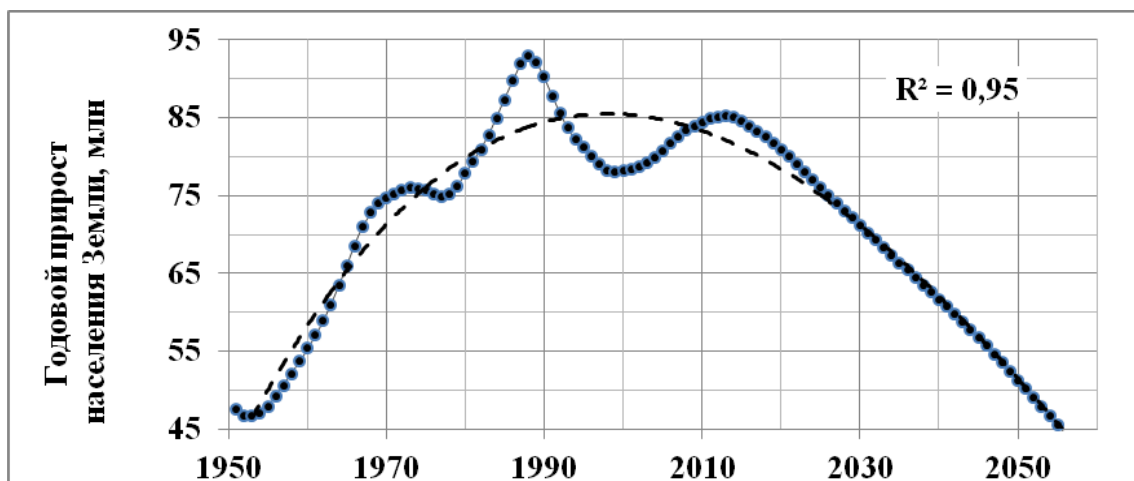


Рис. 1.4. Колебания годового прироста численности населения Земли в млн человек

В частности, высокое влияние на колебания скорости роста населения Земли оказали демографические процессы в Китае, России и Японии, как показано на рис. 1.5 по результатам анализа данных ООН. На рис. 1.5 графики даны в миллионах человек, причем по России и Японии с пятикратным увеличением.

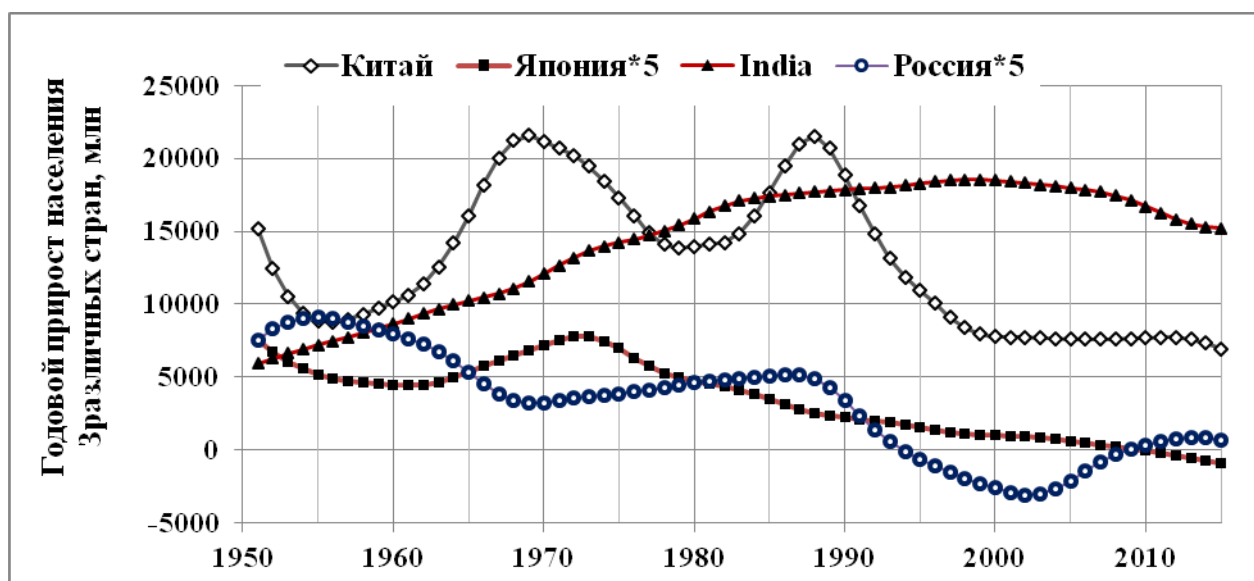


Рис. 1.5. Годовой прирост населения Китая, Японии, Индии и России

Как видно из рис. 1.5 наибольшие колебания прироста населения характеризуют Китай и Россию, в которых заметны три провала прироста населения, достигающих более 50% от максимального значения. В России первый провал начинается во время второй мировой войны, а в Китае после нее.

Хотя детальные прогнозы типа прогноза ООН и отличаются большей детализацией и учетом многообразных демографических реалий, но предложенное аналитическое решение несет в себе дополнительную системную информацию о процессе демографического перехода, которую мы проанализируем ниже. Рассмотрим роль коэффициентов A , k (1.9), (1.11) в уравнении (1.7).

Величина k определяет, при каком значении G/N женщины будут отдавать предпочтение наемному труду по сравнению с воспитанием детей. Именно в этом и есть экономический смысл демографического перехода. Из представленной выше формулы (1.10) видно, что $k = 1 / \gamma N_{\max}(1 + m / \gamma N_{\max})$ чел.·год/долл. Поскольку $m / \gamma N_{\max} \approx 0.015$, то с точностью в 2% $k = 1 / \gamma N_{\max}$. При $N_{\max} = 11\,000$ млн чел. величина $1/k \approx 16\,900$ долл./чел.·год (в междунар. долл. 2017 года). Снижение рождаемости, несмотря на рост благосостояния, становится значимым при величине ограничивающего множителя в уравнении (1.7) $kG/N \sim 0.3$. При этом $(G/N)_{\text{dem}} \approx 0.3/k \approx 5070$ долл./чел. Как видно из рис. 1.2, данная величина достигла этого уровня в 1960 году, что и положило начало падению рождаемости в мире.

Из уравнения (1.14) видно, что параметром, определяющим процесс демографического перехода, является отношение $C/N_{\max}$. Чем больше его величина, тем быстрее происходит демографический переход. При характерных для человечества параметрах $C = 160\text{--}180$ млрд, $N_{\max} \approx 11$ млрд отношение $C/N_{\max} \sim 15$ лет и это время характеризует скорость демографического перехода. Так с 1965 года, когда эффект демографического перехода стал заметно проявляться (рис. 1.2), до 2040, когда он, в основном, завершится, проходит примерно пять таких периодов.

С другой стороны, из формул (1.9) (1.10) с учетом малости $m / \gamma \cdot N_{\max}$ можно показать, что $A \approx k/C \cdot N_{\max}$. Это и определяет величину A , как характеристику скорости достижения ВВП на душу населения, при котором снизится рождаемость в процессе демографического перехода. Однако вместо параметра A удобнее использовать произведение $C/N_{\max}$, имеющее удобную наглядную трактовку.

Из анализа констант уравнений динамики численности людей (1.8), (1.14) видно, какие параметры человечества как системы определяют ее рост и процесс демографического перехода:

- на стадии гиперболического роста определяющим является коэффициент C ;
- вблизи демографического перехода важными являются: уровень ВВП на душу населения, при котором начинается демографический переход $(G/N)_{\text{dem}} \approx 0.3/k \approx 5070$ долл./чел., а также характерный временной масштаб перехода $T_{\text{dem}} = C/N_{\max} \approx 15$ лет.

Анализ уравнения динамики численности человечества показывает, что все его характеристики были заложены задолго до процесса демографического перехода, а сам переход происходит фактически за время жизни одного человека (~ 75 лет). Именно высокая скорость этого перехода и представляет основную проблему, поскольку не дает времени для адаптации людей к новым системным условиям. И хотя демографический переход еще не завершён полностью, но до его окончания остается крайне мало времени.

Выводы

1. Получено дифференциальное уравнение роста численности человечества в зависимости от времени, которое имеет вид (1.8), и его аналитическое решение (1.14), хорошо согласующееся со статистическими данными:

$$T = T_1 - C/N - (C/N_{\max}) \cdot \ln(N/(N_{\max} - N)).$$

2. Данное дифференциальное уравнение опирается на гипотезу о ключевом влиянии на рост человечества ВВП на душу населения (1.5). Следовательно, демографический переход может быть объяснен и достаточно точно описан, исходя из экономического фактора, а не близости к дате *сингулярности*, как в уравнении, предложенном С.П. Капицей.
3. Рассмотренная математическая модель роста численности человечества имеет преимущества по сравнению с работами других авторов. Так, в отличие от модели Кремера эта модель позволяет получить результат в аналитическом виде без введения дополнительных эмпирических параметров, что улучшает возможности проверки ее адекватности и делает ее более наглядной. В отличие от модели А.В. Коротаева, А.С. Малкова, Д.А. Халтуриной³⁴, данная модель не требует введения дополнительного параметра грамотности женщин, что важно с точки зрения принципа «бритвы Оккама».
4. Предложенный подход к решению задачи демографического перехода указывает на важность для популяционной динамики акта принятия семьями решения с выбором одной из двух альтернатив: воспитывать детей или работать по найму. Хотя ВВП на душу населения и играет доминирующую роль в данном выборе, но в развитых странах общество потенциально может найти ресурсы для альтернативной мотивации семей с тем, чтобы обеспечить свою демографическую состоятельность.

³⁴ См. [14].

1.2. Закономерности динамики знаний и их взаимосвязь с ростом ВВП³⁵

В разделе 1.1 мы рассмотрели, какое влияние на численность человечества оказывает рост ВВП на душу населения. Там же мы обратили внимание на существенное проявление системных характеристик человечества и на то, что системные свойства связаны с информационным взаимодействием людей³⁶. Важно выявить, что представляет собой это взаимодействие. Можно предположить, что оно связано с явным знанием, которое распространяется, прежде всего, в виде книг и способствует увеличению ВВП.

В качестве источника информации о количестве знаний используем данные об объеме хранящихся книг и брошюр³⁷ в крупнейшей в мире библиотеке конгресса США^{38, 39, 40, 41}, в которой в 1960 году было ~ 14.5 млн книг и брошюр, в 2000 – 30 млн, в 2012 – 35.8 млн, в 2017 – 39.3 млн.

Конечно, среди этих публикаций есть и дубликаты, но это отчасти компенсируется тем, что в данной библиотеке хранятся не все изданные в мире материалы, содержащие знания. Важно, что мы используем единый подход для определения динамики объема знаний по времени. Тем самым мы определяем объем знаний с точностью до примерно постоянного коэффициента. Для измерения объема знаний, в отличие от количества информации или данных мы используем понятие «условная книга» – у.к., которая при оцифровке будет иметь 1 Мбайт информации. Количество знаний в библиотеке конгресса в этих единицах приведено в табл. 1.1.

Одной из крупнейших библиотек древности была Александрийская библиотека, созданная около 300 года до нашей эры и имевшая в хранилищах от 100 до 770 тысяч свитков⁴². Оценим объем знаний в каждом таком свитке в 20% у.к. Соответственно, объем знаний Александрийской библиотеки оценим в 80 000 у.к.

³⁵ Основные результаты, представленные в разделе, опубликованы в книге: Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

³⁶ См. [12].

³⁷ Орехов В. Д. Знания в системе развития общества// Бизнес-образование. М.: РАБО. 2010, №28. С. 73–84.

³⁸ Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. 2007, №7.

³⁹ Библиотека конгресса. – Википедия, 2012. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

⁴⁰ General Information – About the Library (Library of Congress). 2012.

⁴¹ General Information – About the Library (Library of Congress). 2017.

URL: <http://www.loc.gov/about/general-information> Дата обращения: 01.12.2018.

⁴² Советский энциклопедический словарь. М., 1987.

Таблица 1.1. Объем явных знаний человечества в крупнейших библиотеках

№	Библиотека	Год от начала н.э.	Насел. Земли, млн.	Относит. число людей	Объем знаний, тыс. у.к.	Знаний у.к. на тыс. чел.	Относит. объем знаний
		T	N	N/N_0	Z	Z/N	$Z/(N/N_0)^{1.25}$
1.	Конгресса	2017	7 550	75 500	23 600	3.15	18.9
2.		2012	7 128	71 280	21 500	3.07	18.5
3.		2000	6 145	61 450	18 000	3.00	18.6
4.		1960	3 033	30 330	8 700	2.83	21.7
5	Александрийская	–300	86	860	80	0.93	17.2

Конечно, оценки объема знаний с помощью числа книг не являются достаточно точными, но этот подход вполне может дать ответ на вопрос о влиянии знаний на развитие человечества как системы. Как видно из таблицы 1.1 объем знаний на тысячу человек изменяется по времени относительно медленно. Это позволяет предположить, что он меняется пропорционально числу людей в степени n , близкой к единице. В последнем столбце табл. 1.1 приведено отношение объема знаний к относительному числу людей (N/N_0 , где $N_0 = 100\,000$ – условная начальная численность человечества⁴³). Видно, что данный параметр мало меняется по времени. Относительное стандартное отклонение составляет 8.8%. При изменении показателя степени n минимальное значение относительного стандартного отклонения 8% достигается при $n = 1.23$, но на практике удобнее использовать $n = 1.25$. В результате, мировой объем знаний можно аппроксимировать зависимостью

$$Z \approx Z_0(N/N_0)^{1.25} = 20(N/N_0)^{1.25}. \quad (1.15)$$

Используя формулу (1.15), можно также получить выражение для зависимости мирового объема явных знаний от времени в период гиперболического роста человечества

$$Z \approx 1.5 \cdot 10^9 / (T_1 - T)^{1.25}. \quad (1.16)$$

Вблизи даты условной сингулярности $T_1 \approx 2025$ формула (1.16) становится некорректной. Однако знания создает не все человечество, а получившие образование люди, поэтому более точно использовать данные о численности населения Земли примерно за 25 лет до времени T . Если соответственно скорректировать постоянные коэффициенты, то формулы (1.15), (1.16) преобразуются к виду.

$$Z \approx 30(N(T-25)/N_0)^{1.25}. \quad (1.17)$$

$$Z \approx 2.25 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{1.25}. \quad (1.18)$$

На рис. 1.6 для сравнения приведены кривые (1.16), (1.18) с различным сдвигом по времени и опорные точки из табл. 1.1.

⁴³ См. [12].

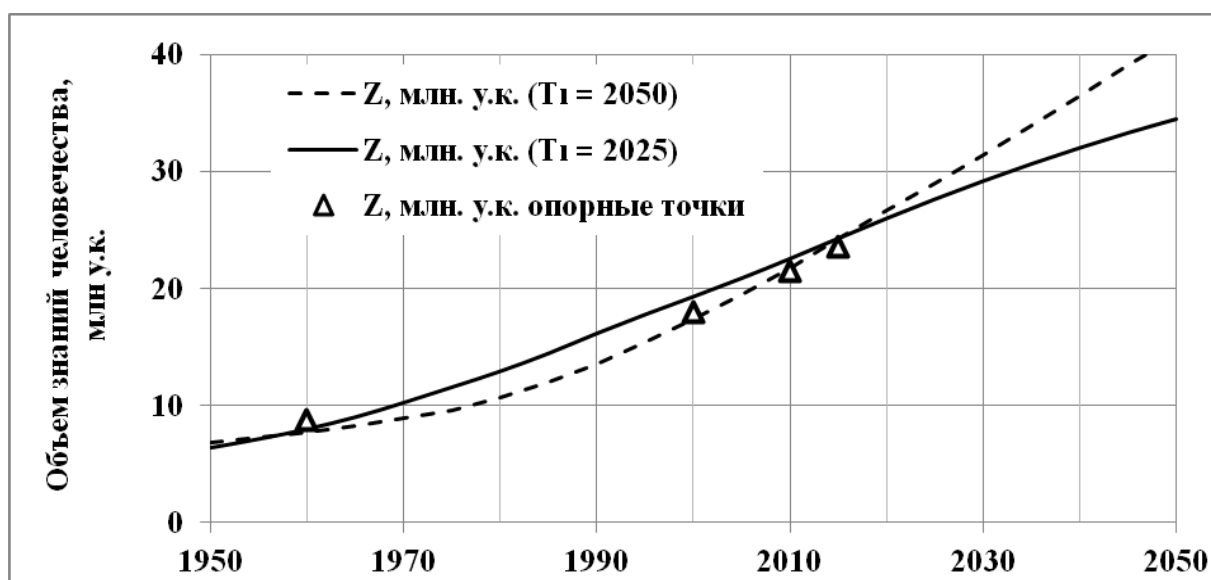


Рис. 1.6. Сравнение формул роста знания с различным сдвигом по времени

Видно, что опорные точки лучше аппроксимируются уравнением (1.17) и оно характерно более быстрым ростом объема знаний в будущем, чем по формуле без сдвига по времени (1.15). Таким образом, мы показали, что в связи с краткостью времени демографического перехода следует учитывать задержку во времени на взросление трудовых ресурсов продолжительностью около 25 лет. Также выше мы показали, что знание человечества растет несколько более быстро, чем население Земли с показателем степени около 1.25.

Выше мы использовали выражение для ВВП по ППС (1.6) с квадратичной зависимостью от числа людей N . Однако за последнее время появились данные о том, что точность данной формулы недостаточна, и для целей прогнозирования дальнейшего развития желательно ее уточнить. В монографии В.Д. Орехова⁴⁴ было показано, что величина ВВП по ППС пропорциональна произведению числа людей на объем знаний человечества. Поэтому, используя формулу (1.17), получим зависимость ВВП по ППС от числа людей.

$$G = kN(T-25)^{2.25}. \quad (1.19)$$

Линейным членом m , как в формуле (1.6), после 2000 года можно пренебречь как малой величиной. На рис. 1.7 представлено сравнение зависимости типа (1.19) при $k = 2.72$ с имеющимися статистическими данными: до 2008 года А. Madisson⁴⁵, позднее данные World Bank⁴⁶ в триллионах международных долларов 2017 года по ППС. Там же приведены данные прогноза мирового ВВП компании PwC⁴⁷.

⁴⁴ См. [1].

⁴⁵ См. [31].

⁴⁶ Gross domestic product based on purchasing- power- parity (PPP) valuation of country GDP. The World Bank (21.09.2018). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>

⁴⁷ PricewaterhouseCoopers: Прогноз развития мировой экономики с 2015 до 2050 года. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. — 11.02.2015. 12:00.
URL: <https://gtmarket.ru/news/2015/02/11/7089>

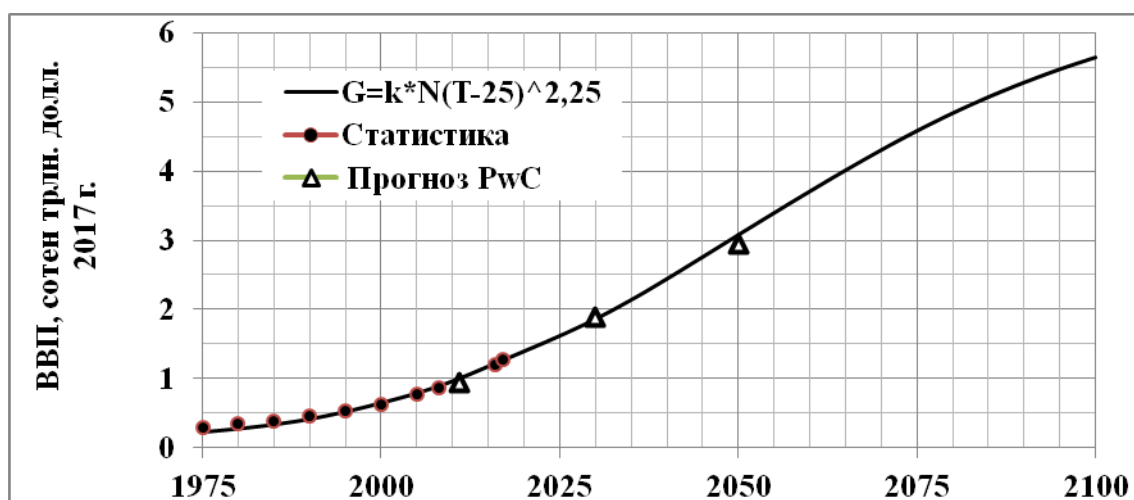


Рис. 1.7. Прогноз мирового ВВП

Видно, что статистические данные в окрестности 2000 года хорошо согласуются с зависимостью (1.19), хотя в более ранний период несколько превышают ее. Прогноз PwC на 2030 год хорошо согласуется с зависимостью (1.19), а в 2050 году лежит несколько ниже ее. Однако прогноз PwC на 2050 год был пересмотрен в 2016 году и снижен по сравнению с прогнозом двухлетней давности⁴⁸ примерно на 7%, поэтому согласование этих данных с кривой (1.19) можно считать вполне приемлемым, особенно с учетом обычной точности долгосрочных прогнозов.

Важным результатом плодотворного использования выводов, полученных по результатам анализа роста знания человечества, для прогнозирования роста ВВП является понимание системной согласованности таких важнейших сторон деятельности человечества, как рост знания и экономическая динамика. Обе эти характеристики также тесно связаны с ростом численности человечества.

Кроме того, мы выявили количественные уточнения к формуле (1.6) для зависимости мирового ВВП от числа людей в виде (1.19), которые будут важны для последующего анализа.

Крайне важно, что из формулы (1.6) и ограниченности максимального числа людей $N_{\max}$ следует, что существует предел роста ВВП на душу населения, который можно получить из формулы (1.19) в виде

$$(G/N)_{\max} = kN_{\max}^{1.25}. \quad (1.20)$$

При $N_{\max} = 11$ млрд имеем $(G/N)_{\max} = 54\,500$ междунар. долл. 2017 г. В настоящее время $G/N = 16\,940$ долл., поэтому средняя величина ВВП на душу населения в мире согласно закономерности роста явного знания может вырасти не более чем в 3.2 раза. Для сравнения, на столько же вырос мировой ВВП с 2001 по 2019 год.

Данное ограничение возникает в результате демографического перехода и того, что перестает расти население Земли. Казалось бы, нет ничего страшного в том, что уровень благосостояния народонаселения не вырастет больше, чем в 3.2 раза. Но это означает, что резко замедлится развитие человечества.

⁴⁸ Там же.

Выводы

1. Получено уравнение (1.18) для объема знаний человечества в зависимости от времени в период гиперболического роста численности населения. Показано, что в период демографического перехода объем знаний связан с начальным и текущим числом людей зависимостью (1.17).
2. Подтверждено, что ВВП по ППС человечества в XXI веке пропорционален произведению числа людей на объем явных знаний человечества и хорошо аппроксимируется уравнением (1.19).
3. В результате демографического перехода, который реализуется в виде стабилизации максимальной численности человечества и прекращения роста явного знания, максимальная величина ВВП на душу населения по ППС сможет увеличиться не более чем в 3.2 раза по сравнению с современным уровнем и не превысит 54.5 тыс. междунар. долл. 2017 года.
4. Демографический переход будет сопровождаться резким замедлением роста явного знания и соответствующим снижением темпов роста мирового ВВП. Это приведет к радикальному изменению познавательной деятельности человечества (стагнации), а снижение роста ВВП может стать причиной глубоких экономических кризисов и вооруженных конфликтов между странами.

1.3. Современные подходы к трактовке понятия «знание»⁴⁹

По мере приближения эпохи «Знания» возрастает и важность корректного понимания концепции знание. В последние годы в связи с развитием ряда новых научных направлений, таких как кибернетика, управление знаниями, системный подход, понимание концепции знание существенно изменилось, но зачастую мы видим ее устаревшее понимание.

1.3.1. Определения концепции знание

В словарях можно увидеть такое определение концепции знание: «проверенный практикой результат познания действительности, верное ее отражение в мышлении человека»⁵⁰.

В этом определении существенным является то, что знание – это результат познания действительности. Постулируется также критерий проверки практикой, а также то, что носителем знаний является мышление человека. Вопросы кодификации и значимости знаний остаются за рамками этого определения. Отметим также, что алгоритмы проверки знания практикой и верности отражения в мышлении человека нельзя считать объективными.

Классик философии науки Карл Поппер считал, что требовать обоснования для научного знания иррационально. Он утверждал, что научное знание рационально не из-за его обоснования, а поскольку мы способны критически его анализировать⁵¹. В своей книге «Logik der Forschung, 1934» Поппер указывал то, что научное знание возникает не из-за появления новых обоснований, а из-за критики гипотез, которые предлагаются для решения новых проблем. Научное знание имеет эмпирический и теоретический уровень, причем корректность доказательства верности теории весьма относительна⁵².

Согласно Википедии (02.01.2016 г.): «Знание – форма существования и систематизации результатов познавательной деятельности человека. Знание помогает людям рационально организовывать свою деятельность и решать различные проблемы, возникающие в её процессе». Довольно странно, что на первое место в таком определении концепции знания здесь ставится некая форма, хотя смысл знания заключен именно в его содержании. Делается также робкая попытка обозначить роль знания в деятельности человечества.

В некоторых определениях этой концепции за исходную позицию принимается функция знания. Например: «Знания – основные закономерности предметной области, позволяющие человеку решать конкретные производственные, научные и другие задачи, а также стратегии принятия решения в этой облас-

⁴⁹ Основные результаты опубликованы в работе: Орехов В.Д. Современные подходы к трактовке понятия «знание». Вестник МИМ ЛИНК. 2016, № 2. С. 103–109.

⁵⁰ Знание. Советский энциклопедический словарь. М. «Советская энциклопедия», 1987.

⁵¹ Поппер К. Р. Логика и рост научного знания. М.: Прогресс. 1983. <http://skepdic.ru/wp-content/uploads/2013/05/popper.pdf>

⁵² Гейзенберг В., Критерии правильности замкнутой теории в физике / Шаги за горизонт. М.: «Прогресс», 1987. С. 184-187. <http://vikent.ru/enc/1747>

ти»⁵³. Обращает на себя внимание то, что в этом определении знания разделяются на основные и рутинные.

Для того, чтобы отделить важное знание от рутинного, можно воспользоваться классификацией, которая принята в менеджменте и опирается на уровень сложности решаемых проблем или сложности управляемых систем: рутинные, простые, сложные и сверхсложные. Пример рутинной проблемы – выбор пути на работу и соответственно знания, которые для этого необходимы. Простая проблема – помочь сыну решить задачу по математике (нужно будет вспомнить математику). Сложная проблема предполагает, что нет известного алгоритма ее решения, но это доступно при напряжении интеллектуальных усилий. Сверхсложная проблема не имеет, как правило, корректного решения и не по силам отдельному человеку, а часто и группам людей. Знания, соответствующие ее решению, собираются в течение длительного времени научным сообществом. Например, пандемия коронавируса COVID-19 напрягла усилия ученых многих стран, но и это не помогает в ограниченное время предотвратить тяжелые последствия ее развития. Разработка термоядерного источника энергии продолжается уже многие десятилетия, и сроки ее решения пока не ясны. Как правило, сверхсложными являются проблемы, которые включают нетривиальное участие людей⁵⁴.

1.3.2. Соотношение понятий знание и информация

Известно утверждение некоего мудреца, которое гласит: «унция знания стоит фунт информации...». В этом определении знание соотносится с близким по природе объектом - информацией. Известна также модель иерархии знаний⁵⁵, которая представлена на рис. 1.8. Однако, применительно к этой модели, достаточно понятно в каком виде представляются данные, информация и знание, чего нельзя сказать о мудрости.



Рис. 1.8. Модель иерархии знаний по Skyrme and Amidone

⁵³ Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М.: Радио и связь, 1992.

⁵⁴ Орехов В.Д. Маркетинг. Курс «Предприимчивый менеджер». R788. Кн. 3. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2005.

⁵⁵ Skyrme D. J. and Amidone D. M. Creating the Knowledge-Based Business Wimbledon: Business Intelligence Ltd. 1997.

Ряд авторов считают, что знания в отличие от информации должны быть полезными, т. е. готовыми к продуктивному применению в определенном контексте^{56, 57}. Такое свойство важно для знаний, используемых конкретной организацией или человеком. Знание же объективных законов природы или общества практически всегда может найти применение.

Таким образом, важно обратить внимание на значительное различие между всеобщими законами природы и общества и локальными и очень многочисленными знаниями о локальных явлениях, связанных с конкретными людьми, сегментами потребителей, компаниями, географическими зонами и техническими устройствами. По своей природе эти знания ближе к информации и четкое различие между ними не всегда можно провести.

Известные классификации выделяют также следующий ряд видов знания^{58, 59}.

1. *Причины, цели* (видение). Отвечает на вопрос: «почему»? Этот вид знания дает основания для структурирования проблем и стремления к достижению успеха.
2. *Предмет знания* (факты, концепции, теории, конструкции). Отвечает на вопрос: «что»?
3. *Алгоритмы* (процедуры, методы, ноу-хау, технологии, навыки, умение сделать на практике). Отвечает на вопрос: «как» сделать?
4. *Альтернативы* (варианты, нюансы). Отвечает на вопросы: «кто», «где», «когда», «в каких условиях»?

По своей форме знания, как правило, делят на количественные и качественные. Однако такой взгляд далеко не полон. Человеческое мышление, которое сочетает в себе качественные и количественные инструменты, является ярким примером, демонстрирующим широкие возможности расширения ассортимента форм представления знаний. Так, в рамках системного подхода, широко используются системные схемы, которые позволяют выйти за узкие рамки количественных и качественных методов. Хотя формально они относятся к качественным методам, но значительно расширяют возможности представления знаний за счет кодификации объектов и явлений не только словами, но и схемами.

Когнитивный метод, предложенный американским ученым R. Axelrod⁶⁰, расширяет возможности системного подхода, используя форму отражения информации близкую к той, которая соответствует мыслительным процессам в мозгу человека. Она столь же нечеткая и слабо структурированная, но именно такими категориями мыслит человек, и именно такое универсальное представле-

⁵⁶ Макаров В.Л., Клейнер Г.Б. Микроэкономика знания. М.: Экономика, 2007.

⁵⁷ Управление знаниями в организациях: Учеб.-метод. пособие / Подгот. Н.М. Жаворонковой. Под ред. В.Н. Голубкина. Жуковский: МИМ ЛИНК, 2007.

⁵⁸ См. [55].

⁵⁹ Quinn, J. B., Anderson, P. Finkelstein, S. Managing professional Intellect. Harvard Business Review. 1966. March–April, pp. 71–83.

⁶⁰ Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.

ние информации позволяет ему реально мыслить. Такое представление знаний и информации значительно более универсально, чем чисто количественное представление, и более точное, чем качественное. Этот познавательный метод, хотя и является в основном количественным, но в силу того, что форма его нечеткая и слабо структурированная, имеет связь и с качественными методами. Общая система качественных и количественных методов исследований представлена на рис. 1.9.

Для преобразования информации в знание используется процесс осмысления, который включает в себя следующие этапы: сбор информации, ее анализ, синтез нового, обмен наработками с коллегами и повторное использование⁶¹.

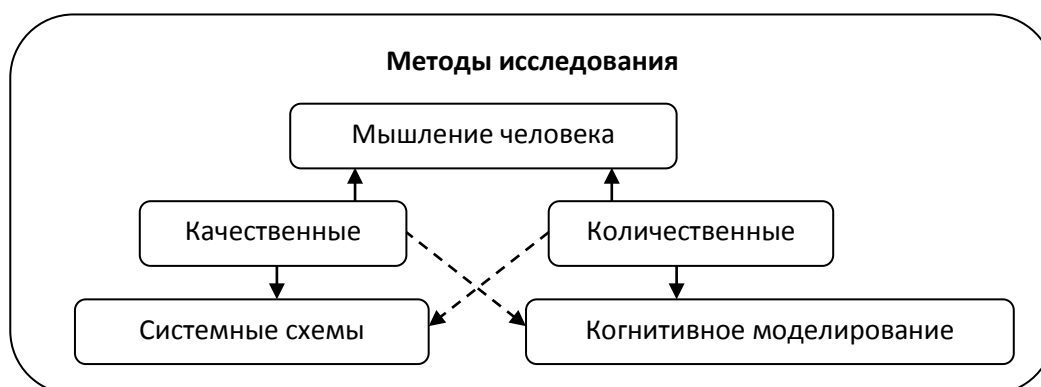


Рис. 1.9. Качественные и количественные методы исследований

Еще один подход к преобразованию информации в знание представляет собой процедуру **4С**, которая включает в себя⁶²:

1. **Сравнение**: как информация о данной ситуации соотносится с другими?
2. **Следствия**: какие последствия может иметь информация для действий?
3. **Связи**: как данная информация соотносится с другой?
4. **Суждения**: что об этой информации думают другие люди?

Отметим, что для преобразования данных в информацию используется процедура **5К**, которая включает⁶³:

1. **Контекстуализацию**: фиксацию целей, с которыми собраны данные.
2. **Категоризацию**: фиксацию составных частей или компонент данных.
3. **Калькуляцию**: математическую обработку данных.
4. **Корректировку**: выявление и исключение ошибок.
5. **Конденсацию**: преобразование данных в более удобную форму.

⁶¹ См. [57].

⁶² Там же.

⁶³ Там же.

1.3.3. Явное и скрытое знания

Знание может быть представлено в явном виде (кодифицировано, формализовано) или неявном (скрытом, неформализованном). Явное знание выражается в словах, цифрах, знаках, формулах, схемах, образах и т.д. Такое знание легко передается и размножается, поэтому оно доступно всему человечеству и оказывает значительное влияние на продуктивную деятельность.

В представленных выше определениях понятия знание подчеркивалась важность проверки знаний. Однако проверить можно только явное знание. Невозможно проверить то, что находится в голове человека.

В процессе мышления и практической деятельности люди в основном оперируют скрытыми знаниями, находящимися в их разуме. При этом в явное знание может быть преобразована лишь малая часть неявного знания, то, что удастся кодифицировать и не является рутинным знанием. Явное и скрытое знания тесно взаимосвязаны. Четыре вида трансформации в процессе создания знания, согласно Нонака и Такеучи⁶⁴, представлены на рис. 1.10 (в скобках даны синонимы оригинальных терминов; явное знание визуализировано стопкой книг, а скрытое – силуэтом головы).

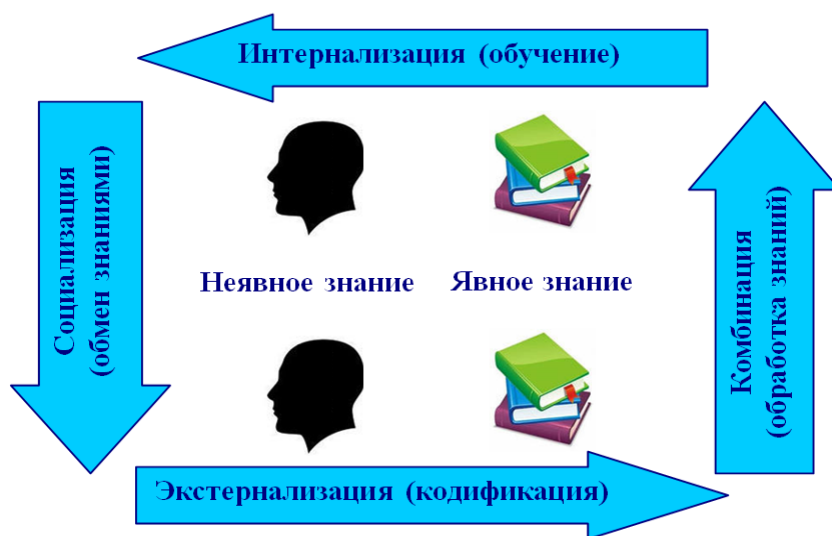


Рис. 1.10. Виды трансформации знания в процессе его создания

Следует отметить, что характеристики носителей и создателей знания, приведенные ниже, постоянно развиваются со временем, что открывает новые возможности создания, как явного, так и скрытого знания.

1. Мышление людей, речь
2. Письменность, рисунки
3. Книгопечатание, цветопередача
4. Математическое представление и измерения
5. Фиксация и передача звуков (фонограф, телефон)

⁶⁴ Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. 361 с..

6. Фотография и кино
7. Телепередача и видеосъемка
8. Электронные, магнитные, оптические и другие носители
9. Компьютерные программы и модели, цифровое представление
10. Интернет сети, мобильная связь, большие данные
11. Нейронные и самообучающиеся системы
12. Суперкомпьютеры XXI века, интеллектуальные модели
13. Квантовые компьютеры
14. Искусственный интеллект
15. Супер интеллект (ИИ эквивалентный научному сообществу мира).

Поскольку оперативная память человека очень ограничена (7 ± 2 блока информации), а человеческое мышление обладает свойством регулярно переключаться с одной логической линии на другую, ведение записей в *явном* виде, а также визуализация в виде образов значительно повышают эффективность *скрытой* мыслительной деятельности.

1.3.4. Знание и системный подход

С точки зрения системного подхода важно понимать, в какой надсистеме находится данная система (знание) и какую функцию она в ней выполняет. Для знаний такой надсистемой является система «познания» или «мыслимого»⁶⁵. Кроме знания, к этой надсистеме можно отнести (рис. 1.11) такие системы, как данные, информация, гипотезы, ложные знания, органы чувств и мышления, носители информации, устаревшие знания и др. В надсистему познания входят также методики познания, проверки знаний практикой и верности их отражения в мышлении человека, однако они являются подсистемами знания.

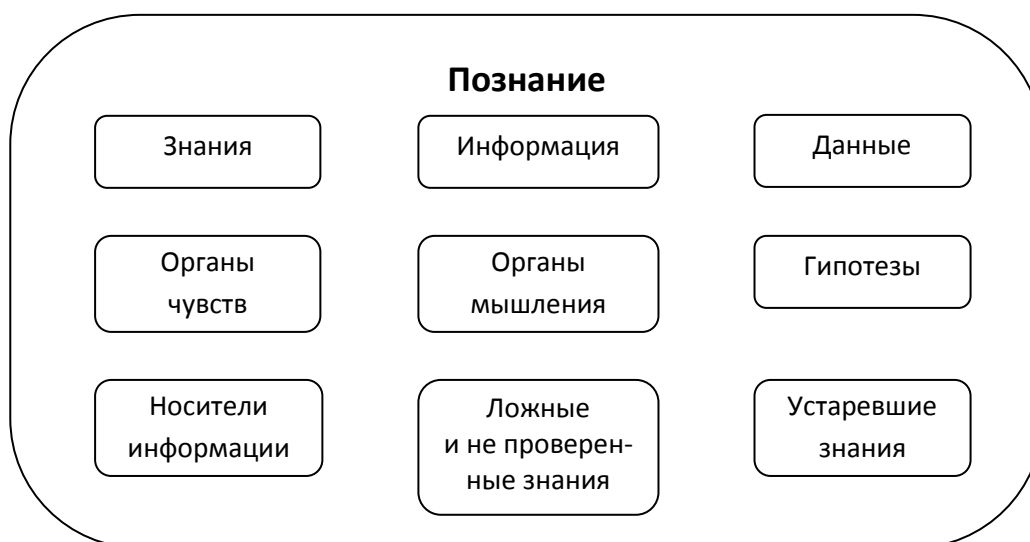


Рис. 1.11. Системная карта надсистемы познания

⁶⁵ См. [56].

Знания в рамках надсистемы познания являются *результатом* процесса познания. Более важную роль знания выполняют в надсистеме более высокого уровня, которую можно назвать «Мыслящее человечество» (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Место знания в надсистеме мыслящего человечества

Знание является основной движущей силой развития материальной деятельности человечества, а эта деятельность, в свою очередь, способствует улучшению условий жизни и росту численности популяции, что далее приводит к росту числа специалистов, занимающихся познанием, и соответственно знания.

Более детально данную систему можно представить в виде цикла оборота знаний⁶⁶ (рис. 1.13), в котором знания являются источником для повышения квалификации работников, производственной деятельности человечества и роста выпуска материальных благ, потребляемых обществом. В свою очередь, знания являются результатом, как производительной деятельности людей, так и процесса познания.

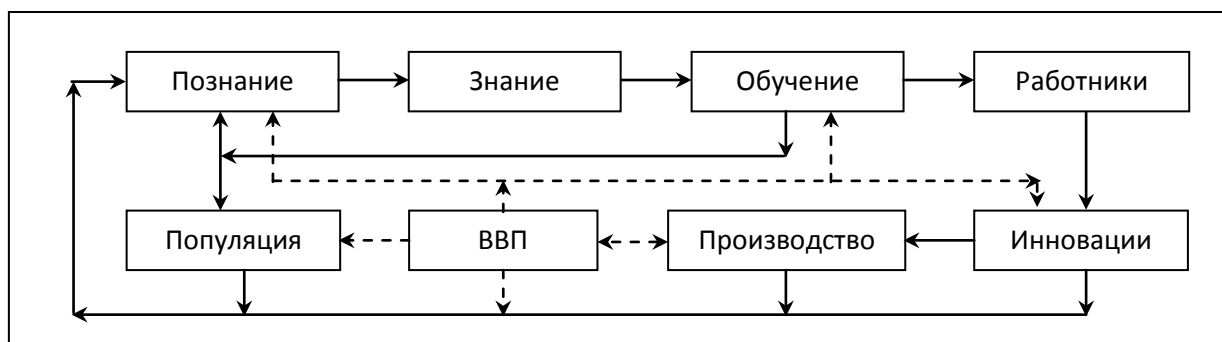


Рис. 1.13. Цикл оборота знаний

Работа этого цикла за 3 миллиона лет привела к увеличению числа людей примерно в 70 000 раз, объем знаний увеличился примерно в 100 000 раз. Таким образом, зона познания постоянно расширяется. Анализ надсистемы знания по-

⁶⁶ Орехов В.Д. Инновационное развитие в условиях глобализации: Матер. XXI междунар. научн.-практ. конфер. «Инновации в науке». – Новосибирск: СибАК, 2013. – С. 81. <http://sibac.info/2009-07-01-10-21-16/8286-2013-06-26-23-19-36>

звolyет утверждать, что «Знание является результатом познания людьми реальной действительности, основой производственной деятельности и закономерного развития человечества».

Следует отметить, что часть знаний устаревает, поскольку появляются теории, более точно соответствующие действительности, и переходит в зону, которую называют «псевдознанием»⁶⁷, хотя точнее было бы называть их «ретрознанием».

1.3.5. Виды знания в процессе познания

Последовательность преобразований, которые происходят с объектами системы знания в ходе познания, условно представлена на рис. 1.14. Справа на схеме даны общие названия объектов, слева – их возможные реализации.

Стрелкой обозначено то направление, в котором движется познание человечества, расширяя сферу познанного и стремясь в будущем наиболее полно познать действительность. Вот краткий комментарий к данной схеме:

1. Целью познания является достоверное понимание реальной действительности. Приближаясь к ее пониманию, человечество никогда не может достигнуть абсолютного (истинного) понимания.
2. В реальном мире есть не только то, о чем мы имеем некоторое представление (мыслимое), но и немислимое – то, о чем мы не имеем никаких знаний и даже не можем фантазировать.



Рис. 1.14. Знания в процессе познания

3. Первым шагом к мыслимому являются фантастические идеи.

⁶⁷ См. [56].

4. На базе фантазии путем соотнесения ее с реальностью появляются гипотезы, которые относятся к системе мыслимого.
5. Следующим шагом к знанию является получение данных за счет наших органов чувств, измерительной техники или сравнения известных достоверных данных.
6. То, о чем мы имеем данные, может быть отнесено к системе ведомого.
7. Далее мы попадаем в систему познаваемого (познания) и шагами на этом пути является проверка гипотез и преобразование данных в информацию.
8. Затем в процессе мышления или деятельности рождается скрытое знание.
9. Путем кодификации скрытое знание превращается в явное – публикации и другие формы.
10. Далее происходит проверка знаний на практике, критический анализ экспертным сообществом (научным и профессиональным) и публикация знаний в апробированном виде.
11. На следующем этапе явное знание преобразуется в учебные материалы, которыми овладевают массы специалистов. В результате обучения происходит превращение явного знания в неявное (знания, навыки компетентности), которое люди могут использовать на практике.
12. С использованием этих знаний создаются новые технологии и техника, с помощью которых производятся товары и услуги, повышающие уровень жизни людей.
13. С течением времени знание начинает устаревать и превращаться в ретрознание, которое не соответствует современному пониманию вопросов и со временем сдается в архивы.

Крайней формой ретрознания является псевдознание, которое включает в себя всевозможные формы псевдонаучного, мифологического, астрологического, мистического и т.д. знания. Нередко эти знания используются некоторыми людьми для мошеннической деятельности. В последнее время в СМИ наблюдается активизация проповедников этих форм знания, которых можно увидеть по телевидению, возможно, чаще, чем выступления ученых. Президент РАН В. Фортов отметил, что число лжеученых в мире почти сравнялось с количеством ученых и составило 6 млн человек.

Познавательный процесс движется не только в указанном выше направлении, но на отдельных этапах и в противоположном. Так, в процессе обучения учебное знание преобразуется в скрытое. Знания, которые используются на практике, порождают большое количество данных и являются источником гипотез, скрытого и явного знания и т.д. Кроме того, реальные научные произведения включают в себя значительное число данных, информации, гипотез и ретрознания. Ретрознание также может поступать в повторный оборот при изменении потребностей людей, а также в виде данных для отслеживания исторических процессов.

Вместе с тем данная схема демонстрирует, что знание никогда не бывает абсолютным и досконально проверенным на соответствие действительности. Оно содержит динамическую смесь различного типа знаниеобразных структур.

Следует также отметить, что проведенный анализ концепции в дальнейшем следует дополнить вопросами измерения знания, которые рассмотрены, в частности, в работах^{68, 69}. Подводя итог анализу характеристик знания, сформулируем краткое определение понятия знание.

Знание – это существенные результаты познания реальной действительности, являющиеся основой образования, производственной деятельности и закономерного развития человечества, отраженные в мышлении или на носителях информации и прошедшие критическую проверку квалифицированными экспертами.

1.3.6. Научные парадигмы и создание знания

Книга Томаса Куна «Структура научных революций», представляющая собой анализ истории науки, вышла из печати в 1962 году и стала значительным событием в учении о методологии. В ней показано, что научное знание развивается скачками, путем научных революций, в ходе которых меняются научные парадигмы. Т. Кун подверг сомнению кумулятивную модель развития науки, согласно которой любая последовательность новых открытий представляет собой движение науки вперед. По его мнению, в науке существует конкуренция научных теорий и школ и нередко одни направления подавляют другие. Важную роль в этом процессе играет научная парадигма.

По определению Томаса Куна парадигмами являются одно или несколько взаимосогласованных научных достижений, признанных научным сообществом в качестве основы для последующей исследовательской деятельности в определенной научной области. В качестве примера он приводит пример парадигмы в сфере оптики, согласно современному пониманию которой, свет состоит из потока фотонов, которые обладают свойствами и волн, и частиц одновременно. Это понимание было сформировано Планком, Эйнштейном и другими учеными в начале XX века. Однако согласно предыдущей парадигме, опирающейся на работы Френеля и Юнга, выполненные в начале XIX века, физики считали, что свет является поперечными волнами. Еще более ранняя парадигма XVIII века базировалась на «Оптике» Ньютона, который утверждал, что свет состоит из материальных частиц. Эти переходы от одной парадигмы к другой реализуются через революции, которые происходят в зрелых науках.

Однако такие революции не происходят в науках, в которых нет общей точки зрения по определенным важным вопросам. Так, до XVII века было много противостоящих школ, которые по-разному относились к природе света. Аналогичные события есть в истории большинства наук. Важно, что отсутствие пара-

⁶⁸ См. [1].

⁶⁹ Орехов В.Д. Измерение количества явных и неявных знаний. Вестник МИМ ЛИНК. 2016, № 3.

дигмы ведет к сумбурному накоплению информации в соответствующей научной сфере. На ранних этапах развития любой науки исследователи далеко не всегда одинаково характеризуют одни и те же явления. Именно парадигма позволяет сделать работу по отбору и интерпретации исследований более эффективной.

Парадигма становится таковой, поскольку ее использование ведет к успеху быстрее, чем альтернативные способы решения исследовательских проблем. В рамках парадигмы ученые много внимания уделяют «наведению порядка» в сфере данной науки, решению неисследованных в ее рамках вопросов и переосмыслению их на базе единой парадигмы. Именно такую науку Т. Кун называет «нормальной наукой». Ученые, работающие в рамках нормальной науки, не ставят себе задач создания новых теорий, не вмещающихся в рамки такой науки. Они также нетерпимо относятся к тем, кто пытается создать такие теории. Этот механизм нацеливает ученых на максимально углубленное, точное исследование этой ограниченной области деятельности нормальной науки.

Основные классы проблем, которые решает нормальная наука в своих рамках, это установление важнейших фактов, сопоставление этих фактов с теорией и разработка теорий. Фактически нормальная наука действует по кумулятивному алгоритму, успешно расширяя пределы научного знания. Однако бывают и экстраординарные открытия, которые выходят за эти рамки и ведут к научным революциям. Создается впечатление, что такие сюрпризы достаточно закономерны, и они ведут к изменению научных парадигм.

Но к изменению парадигмы ведут только отклонения, поражающие научную парадигму в самую сердцевину. Научные революции – это некумулятивные фазы развития науки, в течение которой старая парадигма частично или полностью замещается новой, несовместимой со старой.

Наряду с этим в настоящее время принята такая интерпретация функций научной теории, согласно которой новая теория, как правило, не должна вступать в явное противоречие с предыдущей. Т. Кун рассматривает соотношение между уравнениями динамики тел по Эйнштейну и по Ньютону, которые дают различные результаты, и одновременно теория Ньютона не признается ошибочной. «Но парадигмы отличаются более чем содержанием, ибо они направлены не только на природу, но выражают также и особенности науки, которая создала их. Они являются источником методов, проблемных ситуаций и стандартов решения, принятых неким развитым научным сообществом в данное время. В результате, восприятие новой парадигмы часто вынуждает к переопределению основ соответствующей науки».

Рассматривая процесс утверждения новой парадигмы, Т. Кун отмечает, что поскольку не существует никакой эмпирически или научно нейтральной системы понятий, то проверка альтернативных парадигм или теорий будет происходить на основе существующей парадигмы, что делает перспективы новой теории весьма сомнительными. Единственная возможность для сторонников новой теории заключается в возможности решить проблемы, которые привели к кризису старой парадигмы.

Подводя итог представленным в данном разделе понятиям, отметим, что мы определили с системной точки зрения место знания в познании и производительной деятельности, а также представили уточненное определение концепции Знание.

Выводы

1. Предложено уточненное определение концепции Знание: существенные результаты познания реальной действительности, являющиеся основой образования, производственной деятельности и закономерного развития человечества, отраженные в мышлении или на носителях информации и прошедшие критическую проверку квалифицированными экспертами.
2. С использованием системного подхода систематизирован процесс генезиса знания в ходе познания.
3. Показано, что формы представления знаний не ограничиваются только качественными и количественными, а содержат и символическое представление знаний (мышление, схемы, когнитивные матрицы).

1.4. Измерение количества явных и скрытых знаний⁷⁰

*Если не можете что-либо измерить,
то не можете этим управлять*

Peter Drucker

Современная цивилизация стремится стать обществом знания. Ряд стран утверждают, что они построили «экономику знания». Но могут ли они утверждать, что сегодня знания стало больше, чем вчера, и насколько? И какого знания, явного (формализованного, кодифицированного) или скрытого? Евро-американская и японская⁷¹ традиции управления дискутируют относительно приоритета того или иного типа знания.

Кодифицированное знание зафиксировано в книгах, статьях и на других печатных и электронных носителях, оно может быть легко распространено по всему миру и быстро становится источником мирового богатства. Некодифицированное знание находится в разуме людей (в мыслительных структурах) и является как базой для реальной мыслительной и продуктивной деятельности, так и источником появления новых знаний. При этом в явное знание может быть преобразована лишь малая часть скрытого знания – то, что удастся кодифицировать и не является рутинным знанием. До последнего времени только люди могли создавать новые знания, хотя и современные компьютерные программы претендуют на эту роль.

Явное и скрытое знания находятся в тесной взаимосвязи. Четыре вида трансформации в процессе создания знания (рис. 1.10), согласно Нонака и Такеучи⁷², а именно: интернализация (обучение), социализация (обмен знаниями), экстернализация (кодификация) и комбинация (обработка знаний) являются основными процессами, в ходе которых появляется новое знание.

1.4.1. Измерение знания

Выше мы представили «пространство знания» исходя из понимания процесса познания (рис. 1.14) и поняли, что существует значительное количество разнообразных объектов типа знания, которые совместно наполняют это пространство. Измерение всех их является особой задачей исследователя.

Данные и информацию можно относительно легко измерить в байтах, мегабайтах и т.д., поскольку они, как правило, размещены на различных электронных носителях. Но не всегда легко отличить данные от информации.

Научное знание измерять относительно просто, поскольку сейчас для этого разработаны специальные методы учета числа публикации и показатели их

⁷⁰ Основные результаты опубликованы в работе: Орехов В.Д. Измерение количества явных и неявных знаний. Вестник МИМ ЛИНК. 2016, № 3.

⁷¹ См. [64].

⁷² Там же.

цитируемости (индекс Хирша и т.д.). Соответственно существует несколько наукометрических баз данных: Scopus, SCImago, Web of Science, Science and Engineering Indicator. Отдельным блоком научных знаний являются патенты. Правда, объективность измерения научных знаний снижается за счет языковых барьеров, поскольку в учет попадают в большинстве случаев научные статьи, публикуемые на английском языке. Также не совсем ясен вопрос учета объема этих публикаций.

Фантастические идеи фиксируются определенными базами данных, существует классификация научно-ориентированных фантастических идей. Основная проблема с этим типом знания заключается в их низком статусе. Однако вполне возможно создать базу научных фантастических идей, которые при правильном структурировании будут служить активатором научно-технической деятельности R&D специалистов. Объем данного вида знаний измеряется в единицах (штуках).

Гипотезы. Этот вид знаний является ключевым в процессе познания. Однако гипотезы не имеют формального статуса, как учитываемый вид знаний, и часто не воспринимаются, как достижение познания. Их учет можно формализовать, но это требует проработки вопроса отделения статуса научных гипотез от фантастических идей и псевдознания, что можно осуществлять, например, на уровне экспертного сообщества. Число гипотез измеряется в единицах.

1.4.2. Измерение явного знания

Поскольку измерение количества публикации на системной основе началось относительно недавно, то для учета объема явных знаний желательно использовать и подходы, которые могли применяться и в прошлом. Это позволит также учесть знания, которые важны для общества, но не являются непосредственно предметом науки, например, религиозные труды и т.д. Пример реализации такого подхода приведен выше в разделе 1.2 на базе учета объема хранения книг в крупнейших мировых библиотеках.

Использованный выше подход к учету знаний человечества, хотя и не очень точен, но позволил рассмотреть динамичную картину роста знания на протяжении всей истории человечества. Годовой прирост знания ΔZ можно оценить, как по формулам (1.15) – (1.18), так и по годовому объему публикаций и патентов в мире ΔP . Сравнение динамики выдачи патентов и публикаций показывает (рис. 1.15), что их число по-разному изменяется во времени. До 1946 года число патентов превышает число публикаций, а позднее, наоборот, количество публикаций в 2–3 раза превосходит число патентов. Это, видимо, связано с тем, что патенты стали тщательно регистрировать раньше, чем другие виды публикаций.

С другой стороны, в базе Scopus на 2013 год было представлено примерно 25 млн. патентов⁷³. С 1949 года, когда в базе Scopus наблюдается резкий скачок

⁷³ Scopus. Content Coverage Guide, 2013.

публикаций, во всем мире было выдано примерно 28 млн. патентов. Таким образом, можно полагать, что до этой даты включение патентов в Scopus было ограниченным, а после нее – весьма полным. В соответствии с этим, при расчете суммарного прироста числа публикаций и патентов $\Delta P(T)$ до 1949 года суммировались данные по количеству патентов и публикаций из базы Scopus, а начиная с этой даты использовались только данные из Scopus.

Для сравнения зависимостей $\Delta Z(T)$ и $\Delta P(T)$ было принято, что в среднем каждая публикация из базы Scopus⁷⁴ и каждый патент⁷⁵ (здесь учтены только патенты, выдаваемые резидентам) имеют объем, равный 15% условной книги (СВ). При расчете прироста знания - ΔZ до 1975 года использовалась гиперболическая формула (1.16), а после нее – формула (1.15), а также статистические данные по численности населения мира⁷⁶.

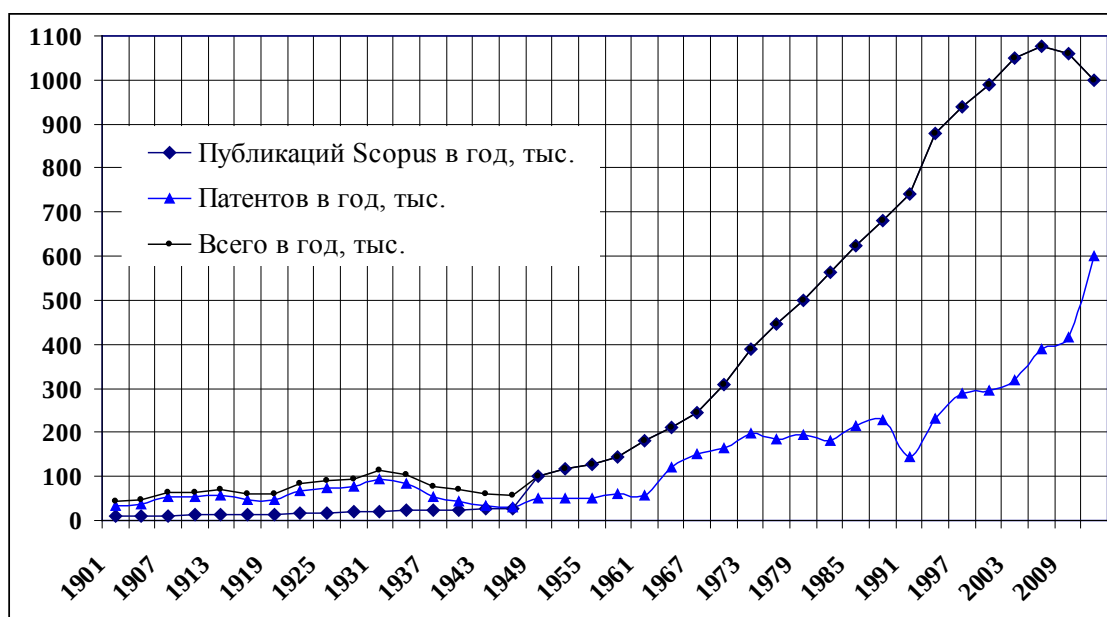


Рис. 1.15. Рост годового числа патентов и публикаций в мире

Результаты сравнения прироста объема знаний человечества $\Delta Z(T)$, вычисленного по формулам (1.15), (1.16), и прироста публикаций и патентов $\Delta P(T)$ показали, что обе кривые выходят «на полку», однако между расчетной кривой и зафиксированным в Scopus объемом публикаций существует сдвиг по времени примерно на 25 - 30 лет. Это свидетельствует о том, что в этих формулах нужно учесть задержку на время взросления людей с использованием формул (1.17), (1.18).

Сравнение расчетных значений прироста знания $\Delta Z(T)$ по формулам (1.17, 1.18) с приростом числа публикаций, включая патенты, $\Delta P(T)$ дано на рис. 1.16.

⁷⁴ Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine. 2011, 8 March. <http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-scopus>

⁷⁵ Немцов Э. Ф. Человечество становится всё изобретательнее. 2011. <http://nemtsov.ners.ru/articles/chelovechestvo-stanovitsya-vs-izobretatelnee.html>

⁷⁶ См. [12].

Для удобства сравнения здесь приведено утроенное значение $\Delta P(T)$. Видно, что кривые $\Delta Z(T)$ и $3\Delta P(T)$ достаточно близки друг к другу, причем они примерно одновременно выходят на полку. После 2020 года прирост объема знаний достаточно быстро уменьшается, что связано с демографическим переходом и падением мировых темпов прироста населения.

Видно, что использованный первоначально в разделе 1.2 подход для оценки объема знаний человечества находит подтверждение с точки зрения учета объема публикаций.

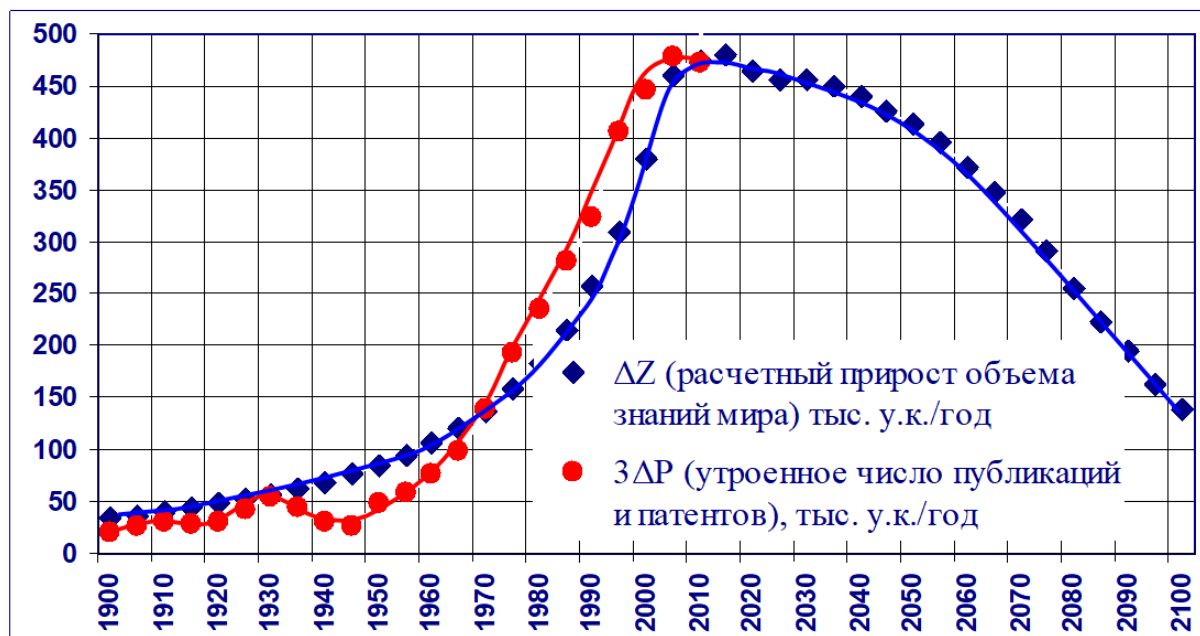


Рис. 1.16. Сравнение расчетного прироста знания (1.18) с числом публикаций

Очень важным результатом является то, что максимум прироста знаний приходится примерно на второе десятилетие XXI века, а затем прирост знания будет убывать. Эти результаты подтверждают работы ученых из Высшей школы экономики⁷⁷, согласно которым человечество достигло максимальной скорости технологического развития в 2018 году.

1.4.3. Измерение скрытого знания

Значительно сложнее измерить объем скрытого знания, поскольку оно находится в головах людей, причем сложно даже представить в каком виде. Однако для оценки по порядку величины можно воспользоваться следующим приемом. Будем считать, что объем скрытых знаний, приобретенных человеком,

⁷⁷ Grinin L., Grininc A., Korotayev A. A quantitative analysis of worldwide long-term technology growth: From 40,000 BCE to the early 22nd century (Количественный анализ долгосрочного роста технологий во всем мире: с 40 000 до н.э. до начала 22 века). Technological Forecasting and Social Change, 5 марта 2020. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162519314118>
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119955>

прямо пропорционален количеству лет, в течение которых он их получал. Конечно, человек приобретает знания, не только получая формальное образование, но это основная часть полученных знаний, а остальные приобретенные им неявные знания примерно пропорциональны этой части. Таким образом, для каждого человека можно оценить объем накопленных скрытых знаний.

Для того чтобы привести объем скрытых знаний специалиста к тем же единицам измерения, что и для явного знания, мы можем условно приравнять год обучения к некоторому объему изученных условных книг. С учетом той учебной нагрузки, которую получают обычно студенты высшей ступени обучения, можно приравнять ее к 50 СВ в год или примерно 5000 учебным страницам. В этом случае объем скрытых знаний специалиста в условных книгах будет равен

$$Z_H \approx 50E. \quad (1.21)$$

Таким образом, объем скрытых знаний научного работника (R&D специалиста) составляет порядка 1100 СВ. Согласно формуле (1.18), объем знаний человечества составляет в настоящее время около 27 миллионов СВ, а количество R&D специалистов – около 7 млн. чел. Следовательно, на каждого R&D специалиста приходится около 4 СВ уникального явного знания, т.е. около 0,4% от его скрытого знания. В реальности доля относительно уникального явного знания минимум на порядок больше, поскольку специалисты говорят на различных языках и для каждого из них это знание будет уникальным. Кроме того, у каждого специалиста есть уникальное скрытое знание, полученное на практике. Таким образом, порядка 10% неявного знания R&D специалиста является относительно уникальным, что и составляет его ценность, как специалиста. Не менее важным является и уникальность комбинации знаний, которыми владеет специалист.

Таким образом, апробация некоторых подходов к измерению количества явных и скрытых знаний людей показывает, что это дает интересные результаты, с точки зрения управления знаниями.

Выводы

1. Показано, что прирост явного знания можно оценивать, как исходя из объема хранения в крупнейших библиотеках, так и по объему научных публикаций и патентов в мире. Годовой объем научных публикаций примерно в три раза меньше, чем при оценке по объему хранения в библиотеках.

2. Согласно прогнозу, в связи с демографическим переходом, прирост годового объема публикаций к 2050 году снизится примерно на 14%, а к 2100 – втрое.

3. Предложен метод измерения скрытых знаний путем фиксации продолжительности обучения специалистов и их числа. Показано, что объем скрытых знаний одного специалиста в условных книгах (порядка 1 мБбайт знаний) приблизительно в 50 раз превышает число лет обучения.

1.5. Моделирование динамики числа ученых в мире в прошлом и будущем⁷⁸

Современный мир движется к «Экономике знания», и роль интеллектуальной деятельности быстро возрастает. Одним из показателей этих изменений является то, что к началу XXI века в большинстве стран мира доля человеческого капитала (ЧК) в составе национального богатства достигла 80% и продолжает расти. Это связано с тем, что за последние полвека число студентов высшего образования выросло в мире в 10 раз^{79,80,81,82, 83}, причем этот рост опережает рост ВВП примерно в два раза^{84,85}. Однако в ведущих экономиках мира доля работающих, имеющих высшее образование, уже достигла порядка 30%, и ресурс роста интеллектуального и человеческого капитала за счет высшего образования уже приближается к грани исчерпания^{86,87}.

Другим важным и более значительным по объему ресурсом для повышения удельного ЧК стран является рост числа ученых. Именно этот ресурс определяет рост явного знания в мире, прямо влияющего на рост мирового ВВП/Д и поддержание его в активном состоянии.

Интересной является зависимость роста числа ученых со временем.

1.5.1. Известные данные о числе ученых

С целью понимания того, каким закономерностям подчиняется развитие цивилизации с точки зрения знания, рассмотрим, как изменялось число ученых в разные эпохи развития человечества. Согласно СЭС (Советский энциклопедический словарь. – М., 1987), в XVII веке число ученых начинает удваиваться каждые 10–15 лет. Данные о числе ученых в мире приведены в табл. 1.2 и на

⁷⁸ Основные результаты опубликованы в работе: Orekhov V.D., Prichina O.S., Shchennikova E.S. World number of scientists in dynamic simulation for the past and the future. В сборнике: Economic and Social Development Book of Proceedings. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; Russian State Social University. 2017. P. 69-81.

URL: http://soccongress.rgsu.net/netcat_files/261/472/Book_of_Proceedings_esdMoscow_2017_Final_online.pdf с. 69.

⁷⁹ Численность студентов в разных странах мира. – Федеральный портал Proton.ru. <http://www.protown.ru/information/hide/3542.html>

⁸⁰ Борисов И. И., Запрягаев С. А. Тенденции развития образования в XXI веке // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Проблемы высшего образования. 2000. №1. С.12-28.

⁸¹ Цит. по: Сегодня в мире 153 миллиона студентов. – Инновац. образов. сеть «Эврика», 2009. <http://www.eurekanet.ru/ewww/promo/10407.html>

⁸² Education at a Glance 2013: OECD Indicators. [http://www.oecd.org/edu/eag2013%20\(eng\)--FINAL%2020%20June%202013.pdf](http://www.oecd.org/edu/eag2013%20(eng)--FINAL%2020%20June%202013.pdf)

⁸³ Schofer E., Meyer J. W. The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century, American Sociological Review. 2006.

⁸⁴ См. [31].

⁸⁵ См. [1].

⁸⁶ Psacharopoulos G., Patrinos H. A. Returns to Investment in Education: A Further Update. P. 1.

⁸⁷ Hall R. E., Jones C. I. Why do some countries produce so much more output per worker than others?; Caselli F. Accounting for Cross-Country Income Differences // CEP Discussion Paper. 2005. № 667.

рис. 1.17, на котором также дан график экспоненты с десятикратным темпом роста за 50 лет – удвоение примерно за 15 лет.

$$N_s = 10^{(T-1650)/50}. \quad (1.22)$$

Таблица 1.2. Численность ученых в мире

Время	Ученых, тыс.	Время, год	Ученых, тыс.
На рубеже XVIII—XIX веков ⁸⁸	~ 1	1975 ⁸⁹	4 900
В середине XIX века	10	2002	5 800
В 1900 году	100	2007	7 100

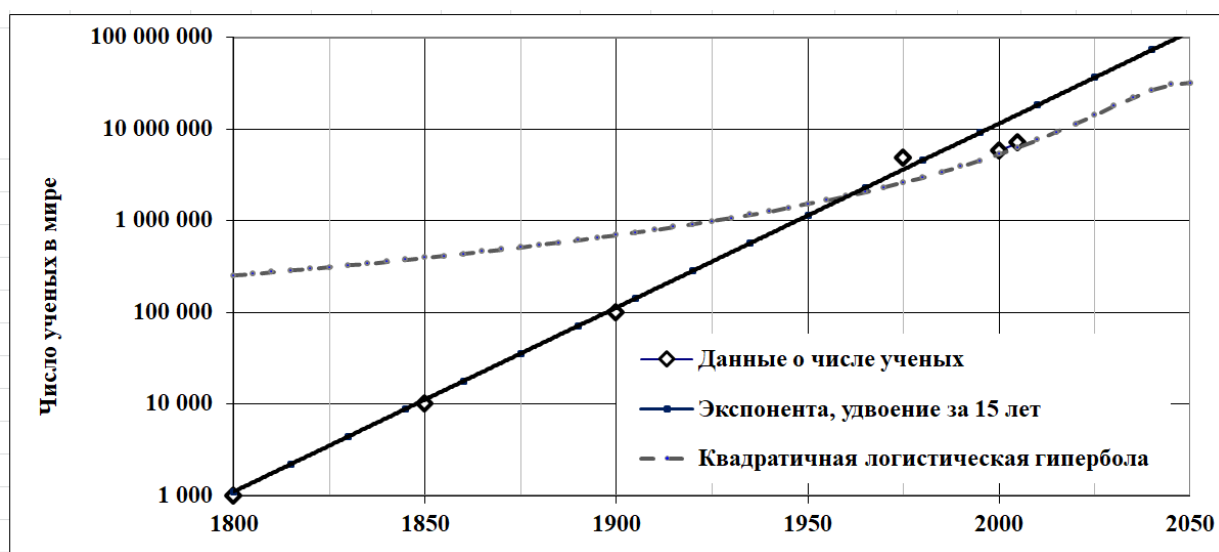


Рис. 1.17. Модели численности ученых в мире

Видно, что представленная в табл. 1.2 информация о числе ученых до 1970 года достаточно хорошо аппроксимируется экспонентой. Но эта зависимость означает, что ко времени учреждения академии наук Франции в 1666 году в мире было всего два ученых. Столь малое число ученых в прошлом также не согласуется с существованием античной науки и ученых эпохи Возрождения. Видимо, данное несогласование заключается в том, кого считать учеными. Если принять, что ученые – это те люди, которые занимаются исследованиями и разработками (НИОКР или R&D), т.е. созданием знаний и разработкой на их основе новых изделий и технологий, то их количество должно логичным образом соотноситься с объемом знаний человечества и сложностью создаваемых изделий.

⁸⁸ Особенности современной науки// Науч.-информ. журн. «Биофайл». <http://biofile.ru/his/2038.html>

⁸⁹ СССР в цифрах в 1975 году. – М., 1976.

1.5.2. Связь роста числа ученых и объема знания людей

По мнению С.П. Капицы, развитие человечества «определяется механизмом размножения и распространения обобщенной информации в масштабах человечества». В данной книге мы будем исходить из гипотезы, что наиболее фундаментальным фактором, влияющим на рост и развитие человечества, является объем накопленных знаний, прежде всего явных.

Поскольку создателями и носителями знаний являются люди, то видимо, существует зависимость объема знаний от количества людей в мире, число которых до 1960 года (начало демографического перехода) в зависимости от времени выражается гиперболой (1.1).

Как показано в разделе 1.2, для аппроксимации мирового объема знаний можно использовать формулу типа гиперболы (1.18)⁹⁰, а также формулу (1.17), которая верна и в период демографического перехода.

Если принять однозначную связь между созданием нового знания и числом ученых и разработчиков, то можно оценить их число N_S . Годовой прирост знания ΔZ (1.23) можно оценить, продифференцировав уравнение (1.18) с $T_2 = 2050$:

$$dZ(T)/dT = K/(T_2 - T)^{2.25}. \quad (1.23)$$

Как было отмечено в разделе 1.2, производительность создания знаний возрастает более быстро, чем число людей (1.1) пропорционально гиперболе в степени 0.25, следовательно, при определении числа ученых необходимо скорректировать формулу (1.23) на рост производительности труда, и мы получим выражение для роста числа R&D работников во времени⁹¹:

$$N_S = 16 \cdot 10^9 / (T_2 - T)^2. \quad (1.24)$$

Согласно данной зависимости, в период Возрождения в мире было 60 тысяч специалистов в сфере R&D, в Античности – около 3000, во времена древнего Египта – более 600, в мегалитическую эпоху ~ 100, а первый R&D специалист появился примерно 120 тыс. лет назад. Такая численность R&D специалистов лучше соответствует сложности создаваемых в разные исторические времена изделий и сооружений, чем согласно экспоненте.

⁹⁰ См. [1].

⁹¹ Там же.

1.5.3. Прогнозирование числа ученых после 1960 года

Для того чтобы пролонгировать данную зависимость на срок после 1960 года, воспользуемся тем же подходом, каким можно преобразовать экспоненциальную зависимость в логистическую. Дифференцируя уравнение (1.24), получим

$$dN_S/dT = -2 A/(T_2 - T)^3 = -2N_S/(T_2 - T). \quad (1.25)$$

Отсюда получим дифференциальное уравнение для числа ученых в период гиперболического роста числа людей.

$$(1/N_S) dN_S = -2dT/(T_2 - T). \quad (1.26)$$

Для того чтобы устранить бесконечный рост гиперболы (1.26) и привести это уравнение к типу, аналогичному логистическому (применительно к гиперболе), необходимо добавить ограничивающий фактор типа $(N_S/N_{\max} - 1)$ в правой части, и мы придем к уравнению:

$$(1/N_S) dN_S = -2(1 - N_S/N_{\max})dT/(T_2 - T). \quad (1.27)$$

Его можно преобразовать

$$dX/X + dX/(1 - X) = -2dT/(T_2 - T), \text{ где } X = N_S/N_{\max}. \quad (1.28)$$

После интегрирования уравнение (1.28) приобретает вид

$$N_S = N_{\max}/(1 + (N_{\max}/A)(T_2 - T)^2). \quad (1.29)$$

При $T \rightarrow -\infty$ величина $N_S \rightarrow A/(T_2 - T)^2 \rightarrow 0$, что соответствует данным табл. 1.2, а при $T \rightarrow T_2 = 2050$ величина $N_S \rightarrow N_{\max}$, то есть является ограниченной, как у логистической кривой.

Для того чтобы теоретическая кривая хорошо согласовалась с данными о числе ученых в настоящее время, постоянные коэффициенты в уравнении (1.29) должны иметь примерно следующие значения $N_{\max} = 32 \cdot 10^6$, $A = 16 \cdot 10^9$. Соответствующая кривая представлена на рис. 1.17 (будем называть ее «квадратичная логистическая гипербола»). В отличие от (1.24), кривая (1.29) не стремится к бесконечности и не превышает $N_{\max} = 32 \cdot 10^6$. Недостатком кривой (1.29) является то, что в 2050 году она достигает максимума и далее уменьшается, что вряд ли правильно отражает рост числа ученых в будущем.

1.5.4. Другие варианты прогнозирования числа ученых

Рассмотрим другие возможности прогнозирования роста числа ученых в будущем. На рис. 1.18 представлены графики роста числа R&D специалистов

согласно квадратичной логистической гиперболе (1.29) и логистической зависимости⁹²

$$(T_0 = 1900 \text{ г.}, N_0 = 0.1 \text{ млн}, N_{\max} = 32 \text{ млн}, C = 24 \text{ лет}),$$

$$N(T) = N_0 \exp(T/C) / (1 + (N_0/N_{\max}) (\exp(T/C) - 1)), \quad (1.30)$$

которая является решением дифференциального уравнения.

$$dN/dT = (N/C) (1 - N/N_{\max}). \quad (1.31)$$

Там же представлен прогноз числа R&D специалистов согласно работе⁹³ (треугольные точки), в которой учитываются сложившиеся тенденции роста их числа в крупнейших экономиках мира до 2100 года. Согласно данному прогнозу, число R&D специалистов приближенно выражается зависимостью

$$N_s = 3.7 + 0.09 (T - 1980) + 0.001(T - 1980)^2. \quad (1.32)$$

Видно, что логистическая кривая (начальная экспонента которой удваивается за $C \ln 2 = 24 \ln 2 \approx 17$ лет) проходит наиболее близко к современным данным о числе R&D специалистов и к прогнозным значениям. Логистическая квадратичная гипербола (1.29) после 2015 года растет значительно быстрее, чем по прогнозу (1.32).

Ориентироваться на точку, соответствующую 1975 году, не следует, прежде всего, потому, что она соответствует времени существования СССР и СЭВ, а в этих странах число ученых после 1990 года резко упало.

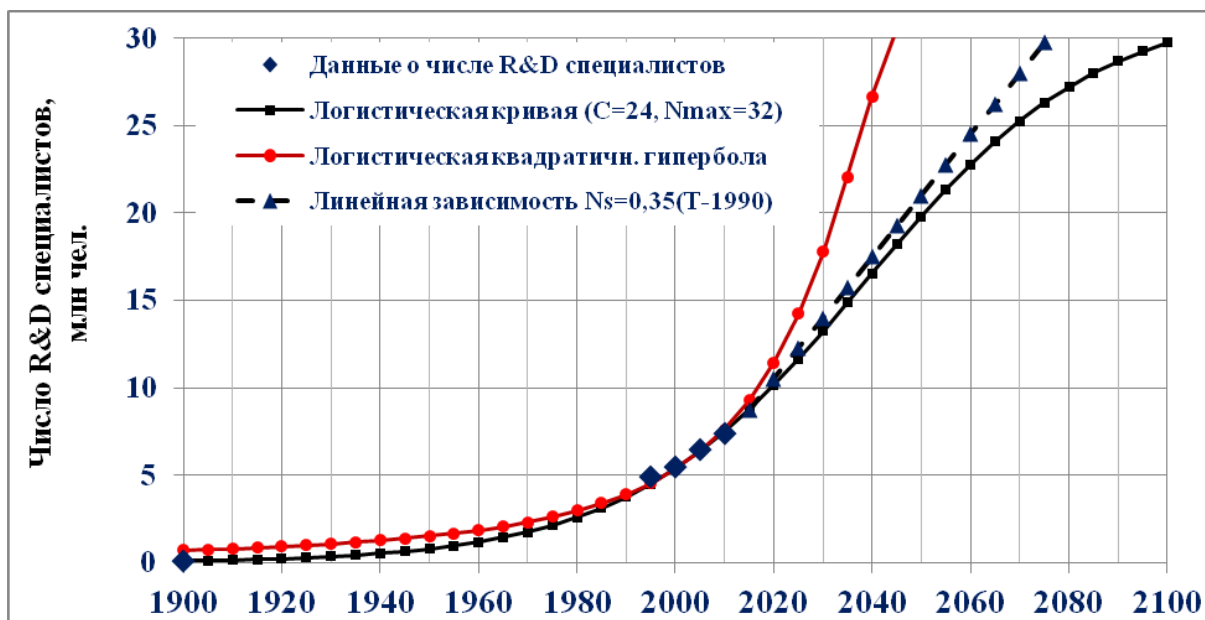


Рис. 1.18. Различные модели численности R&D специалистов в мире

⁹² Логистическое уравнение. Википедия. 2016. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

⁹³ См. [1].

1.5.5. Рост числа ученых и мирового валового продукта

Возникает вопрос: почему до демографического перехода рост числа R&D специалистов, как нам представляется, соответствовал квадратичной гиперболе, а в последнее время ближе к логистической зависимости?

Отметим, что согласно работам А.В. Коротаева и Д.А. Халтуриной⁹⁴, рост мирового ВВП за последнее тысячелетие примерно соответствовал квадрату численности человечества, а с учетом уравнения (1.1) Х. Форстера⁹⁵ величина ВВП по ППС (в трлн. долл. 1990 г.) описывается квадратичной гиперболой. На рис. 1.19 дано сравнение значений ВВП по ППС согласно работе А. Maddison⁹⁶ в период 1400–2000 гг. с квадратичной гиперболой типа (1.33), из которой видно, что они достаточно хорошо согласуются

$$G = 0.12 + 28000/(2020 - T)^2. \quad (1.33)$$

Однако с приближением к 2000 году реальный рост ВВП начинает отставать от квадратичной гиперболы (1.33), что естественно, поскольку она имеет сингулярность в 2020 году. В этот период (локально) зависимость роста ВВП от времени становится примерно экспоненциальной, как видно из рис. 1.20. Прогноз величины ВВП по ППС в 2030 и 2050 годах здесь дан согласно результатам компании PwC⁹⁷.

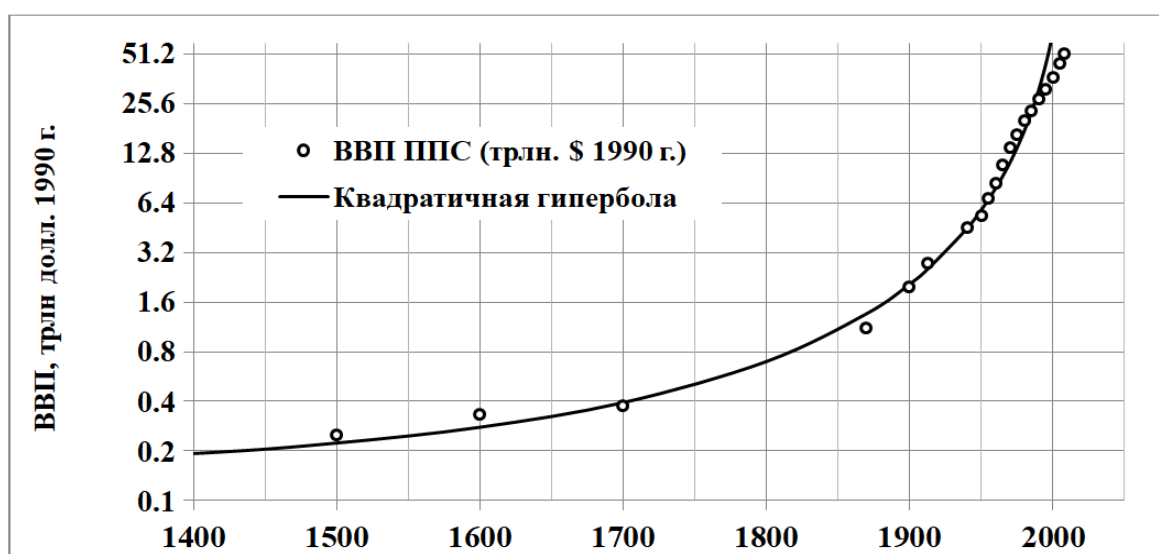


Рис. 1.19. Квадратичная гипербола, как модель роста мирового ВВП

⁹⁴ Системный мониторинг: Глобальное и региональное развитие / Отв. Ред. Д.А. Халтурина, А.В. Коротаев. М.: «Либроком», 2010. 50 с.

⁹⁵ См. [10].

⁹⁶ См. [31].

⁹⁷ Hawksworth J., Chan D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. 2013.

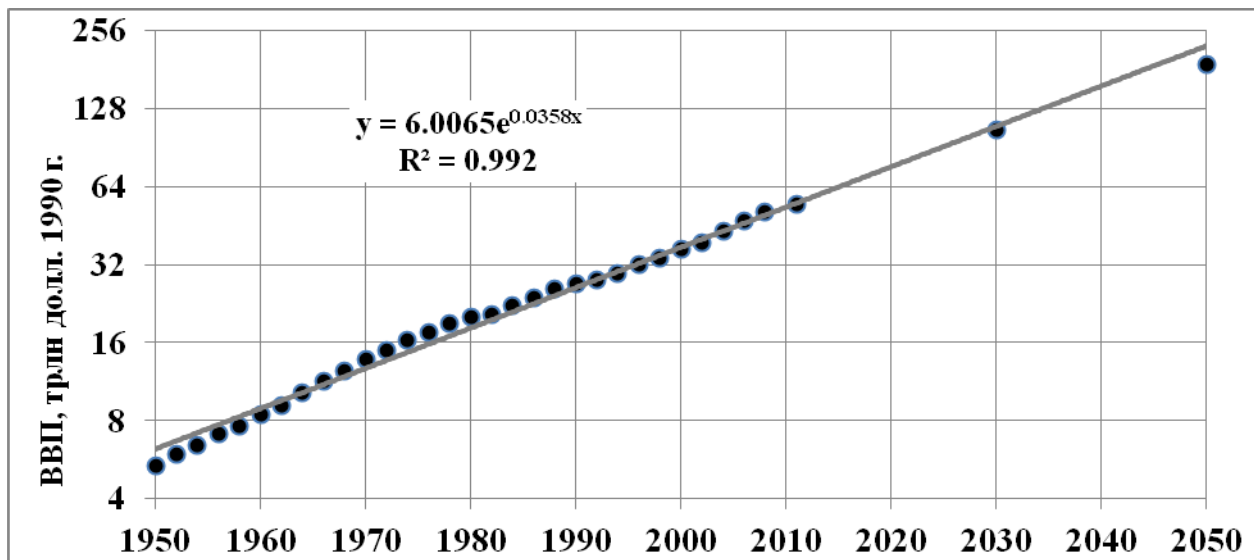


Рис. 1.20. Экспонента, как модель роста мирового ВВП

Таким образом, можно утверждать, что число ученых N_S примерно пропорционально мировому ВВП ($N_S \sim G$). Это вполне логично, поскольку ясно, что численность R&D специалистов существенно зависит от возможностей финансирования научной деятельности. С другой стороны, увеличение числа R&D специалистов ведет к увеличению объема знаний и соответственно к росту ВВП, поэтому эти две величины взаимозависимы.

Соотношение числа ученых в мире и мирового ВВП N_S/G в период 1995 – 2010 годов представлено на рис. 1.21, 1.22. Видно, что они растут примерно с одним темпом, однако наблюдается тенденция к уменьшению числа ученых на миллиард долларов ВВП, особенно в начальный период, в связи с резким уменьшением числа ученых в СССР и странах Восточной Европы.

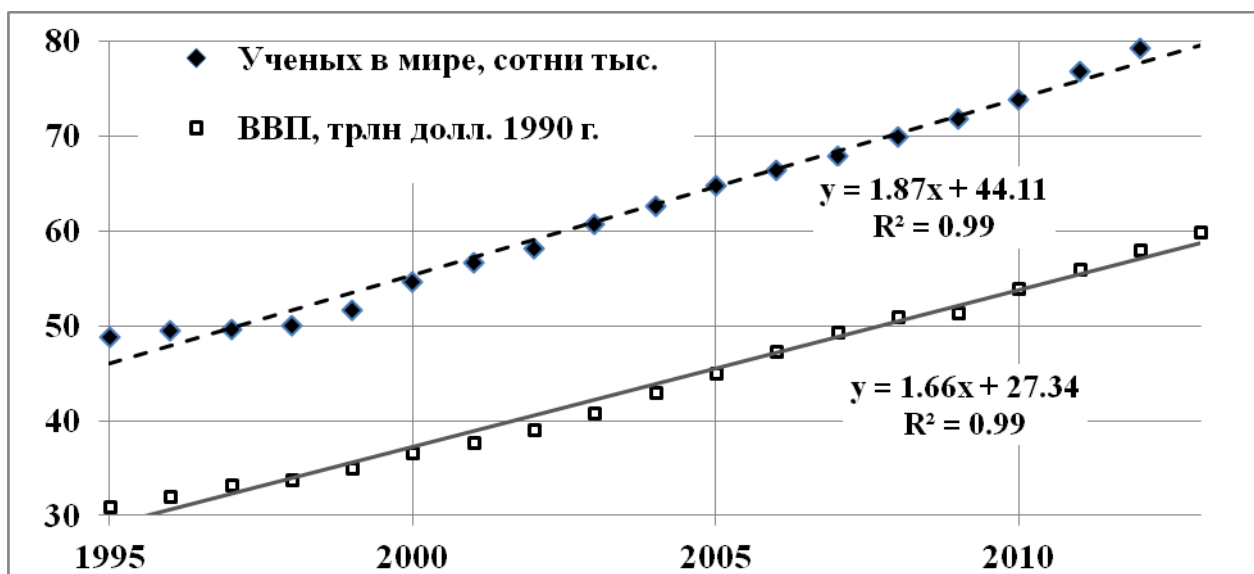


Рис. 1.21. Рост числа ученых и ВВП в мире

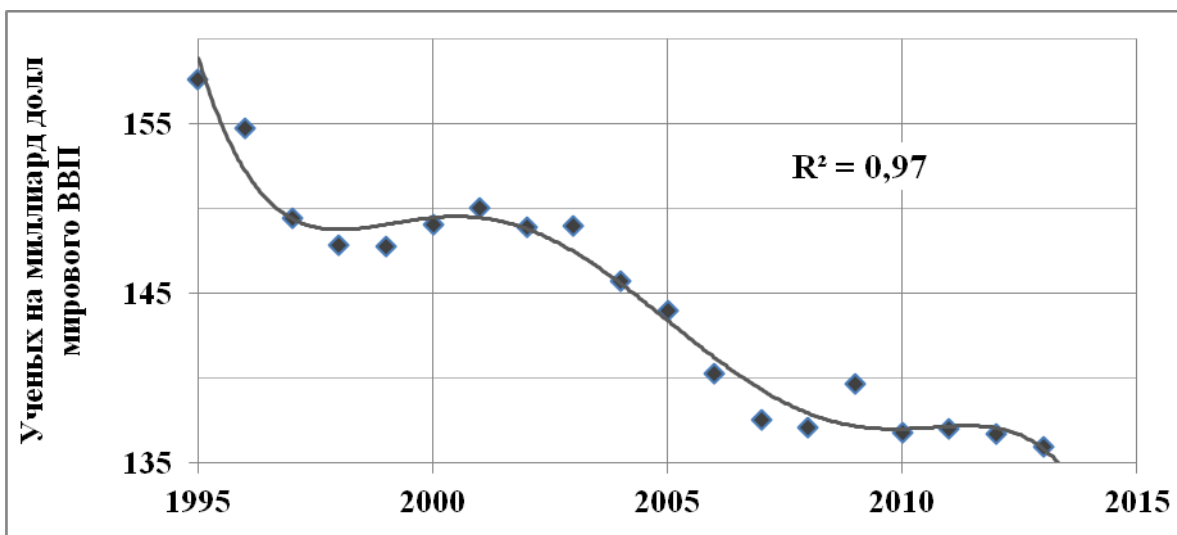


Рис. 1.22. Число ученых на миллиард долларов (N_S/G) в мире

Интересно, что в этот период быстро рос ВВП на душу населения в мире. Если представить данные о величине N_S/G в зависимости от ВВП на душу населения G/N , то можно увидеть (рис. 1.23) довольно парадоксальную зависимость – число ученых падает с ростом ВВП на душу населения, хотя, как правило, более богатые страны способны уделять больше внимания науке.

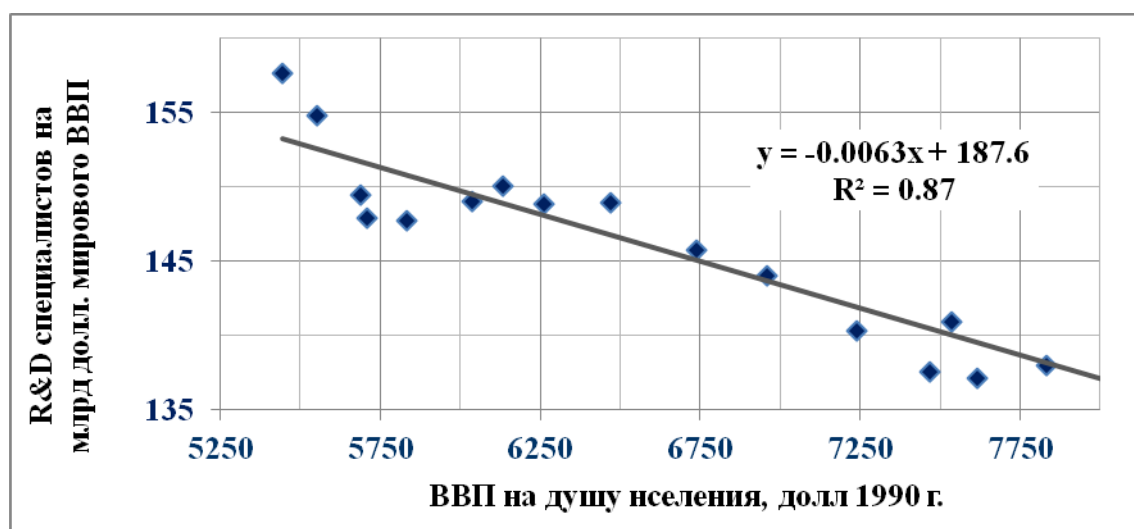


Рис. 1.23. Отношение N_S/G в зависимости от G/N (долл. 1990 г.)

Вероятно, это связано с тем, что в этот локальный период ВВП рос весьма быстро, а рост числа ученых или отставал от роста ВВП в одних странах (развивающихся), или их и так уже было много в других (развитых).

Также оказывали влияние на динамику числа ученых конкурентные стратегии развития науки в разных странах. Для оценки этих факторов на рис. 1.24 приведено отношение N_S/G в различных странах, в зависимости от ВВП на душу населения (здесь ВВП в долл. 1990 г.).

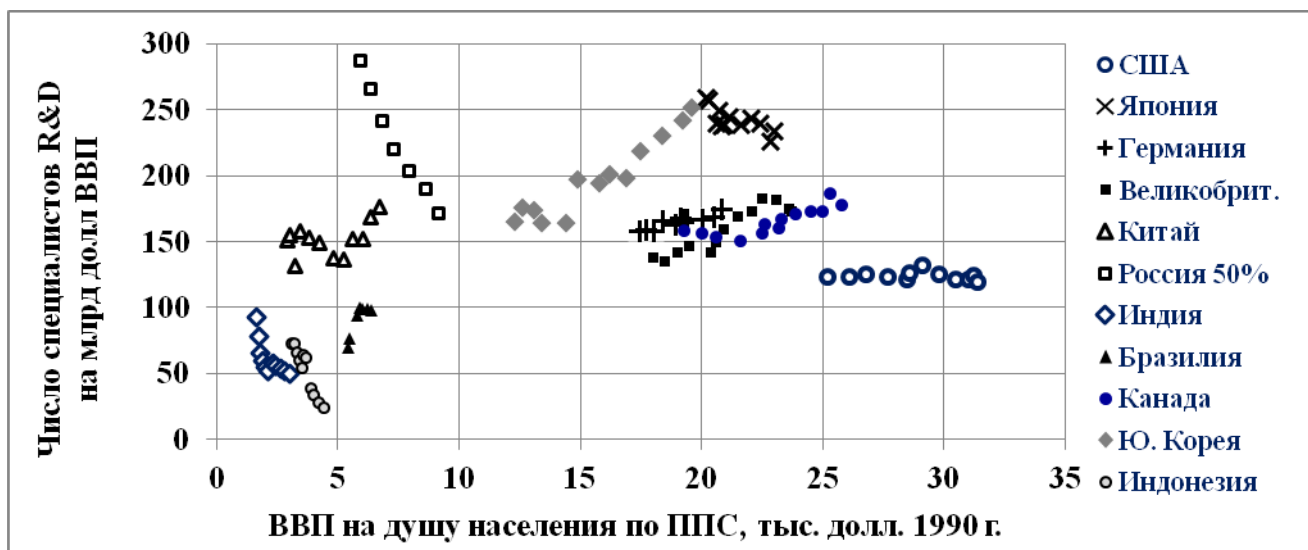


Рис. 1.24. Зависимость N_S/G от G/N в различных странах

Видно, что число N_S/G в США остается на стабильном уровне около 120 чел. на млрд долл., чего достаточно для сохранения мирового научного лидерства. В Китае N_S/G также остается примерно постоянным на уровне 150 – 160. Германия, Великобритания и Канада поддерживают это отношение на уровне 170, несмотря на заметный рост ВВП на душу населения. Резко снизилось число R&D специалистов на миллиард долларов ВВП в России, но оно все равно значительно больше, чем в других странах. Падает число N_S/G в Индии и Индонезии, хотя ВВП на душу населения в этих странах наиболее низкий. Несколько снизилось N_S/G в Японии. И только Южная Корея демонстрирует значительный рост данного параметра, который уже превышает уровень США почти вдвое. Таким образом, видно, что динамика числа R&D специалистов в разных странах имеет ситуативный характер и относительно мало зависит от ВВП на душу населения. Доминирующим параметром является рост ВВП по ППС.

Выводы

1. Общеизвестная экспоненциальная модель роста числа ученых в мире, которая может быть приближенно выражена формулой (1.22), принципиально неверна ранее 1650 года, когда число ученых становится менее одного.
2. Гиперболическая модель роста числа специалистов в области R&D, базирующаяся на модели роста объема знания, имеет вид (1.24).
3. Данные о мировой динамике числа ученых вблизи настоящего времени наиболее хорошо аппроксимируются логистической зависимостью (1.32), начальная экспонента которой удваивается за 17 лет, а также квадратичной зависимостью (до 2060 г.).

4. Установлена зависимость порядка величины между мировым ВВП (G) и числом ученых, однако с 1995 по 2010 г. отношение NS/G в мире уменьшилось со 157 до 137 ученых на млрд долл. в условиях роста ВВП на душу населения с 5.5 до 8 тыс. долл.
5. Национальная стратегия развития науки играет ключевое значение в количестве R&D специалистов на миллиард долларов ВВП. ВВП на душу населения в этих странах оказывает влияние в меньшей мере.

Глава 2. Прогнозирование развития социально–экономических систем с учетом образовательной компоненты

2.1. Модели и алгоритмы прогнозирования развития социально–экономических систем с учетом образовательной компоненты до 2050 года⁹⁸

Вклад образования работников в экономический рост, хотя и считается существенным, но до последнего времени его роль была явно заниженной по причине неточного его определения и ориентации на устаревающие данные, в которых данный аспект не попадал в поле внимания.

Однако в последние десятилетия сформировалось понимание того, что человеческий капитал (ЧК) вносит доминирующий вклад в национальное богатство стран и, соответственно, в рост ВВП. В большинстве развитых и развивающихся стран доля ЧК составила более 80% и растет далее. Однако в богатых природными ресурсами странах, в частности в России и Саудовской Аравии, она составляет около 50%.

При всем разнообразии теорий человеческого капитала^{99, 100, 101} образование признается основным драйвером увеличения ЧК. При этом роль этапа приобретения практических навыков в дополнение к образованию также считается важной. Как показано в работах J. Mincer¹⁰², заработок работника экспоненциально зависит от числа лет E его образования $Y = Y_0 e^{RE}$. В работе R. Barro¹⁰³ показано, что ВВП на душу населения стран также хорошо аппроксимируется экспонентой вида $J = 438 \cdot 10^{0.2E}$. Столь сильная зависимость от образования позволяет говорить об образовательной доминанте современного экономического развития.

⁹⁸ Основные результаты опубликованы в работах: Орехов В.Д., Причина О.С. Разработка моделей и алгоритмов прогнозирования развития социально-экономических систем с учетом образовательной компоненты до 2050 г. М., Юр-БАК. Проблемы экономики и юридической практики. 2019. № 3, стр. 292–298.

Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с. <http://world-evolution.ru/2015>.

⁹⁹ Becker G.S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis. N.Y.: Columbia University Press for NBER. 1964.

¹⁰⁰ Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. – Воронеж: ЦИРЭ, 2005.

¹⁰¹ Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2013.

¹⁰² Mincer J. The Production of Human Capital and The Lifccyclc of Earnings: Variations on a Theme. Working Paper of the NBER. 1994, No 4838.

¹⁰³ Barro, R. J., Lee, J. W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3; World Development Indicators, Washington: World Bank, 2005.

Серия публикаций руководителя макроэкономического департамента компании PricewaterhouseCoopers (PwC) с коллегами^{104, 105, 106, 107, 108}, посвященных прогнозу роста ВВП крупнейших экономик, обратила на себя пристальное внимание политиков, бизнесменов и экономистов, поскольку она существенно переворачивает представление о будущем экономической карты мира и предстоящей смене лидеров и аутсайдеров. Но поскольку этот прогноз постоянно обновлялся, то теперь мы имеем возможность сравнить произошедший с 2006 до 2017 года дрейф и представить себе, какие изменения в прогнозы внесут следующие 30 лет. Характерно, что среди четырех ключевых факторов, которые были учтены в модели PwC, два относятся к человеческим ресурсам, а именно – рост трудоспособного населения и ЧК, который связан со средним уровнем образования работников. Еще один фактор (технологический прогресс) косвенно также связан с ЧК. В этой модели PwC положительно отличается, например, от модели «Мировой динамики» Дж. Форрестера¹⁰⁹.

В данном разделе модель PwC сравнивается с разработанной авторами¹¹⁰ моделью прогнозирования ВВП, которая базируется практически только на учете образовательного и научного уровня работников (без учета инвестиционной компоненты), что позволяет оценить степень доминирования образования в современном экономическом развитии.

Целью раздела является анализ достоверности прогнозов социально-экономического развития, полученных с использованием экзогенной модели компании PwC и разработанной авторами эндогенной модели VIK, доминантно учитывающей образовательную компоненту.

2.1.1. Методика исследования

В работе анализируются результаты долгосрочного (до 2050 года) прогнозирования социально-экономического развития на основе двух современных моделей, первая из которых разработана и совершенствуется с 2006 года компанией PwC – лидером среди крупнейших аудиторско-консалтинговых компаний. Данная модель широко апробирована и многократно корректировалась с 2006 по 2017 год с учетом реальных темпов роста крупнейших мировых экономик и полученных отзывов, поэтому ее можно считать вполне адекватной.

¹⁰⁴ Hawksworth J. The World in 2050. How big will the major emerging market economies get and how can the OECD compete? PricewaterhouseCoopers – March 2006.

¹⁰⁵ Хоксворт Д., Тивари А. Мир в 2050 году. Ускорение процесса изменения баланса экономических сил в мире: проблемы и возможности. PricewaterhouseCoopers – 2011. www.pwc.co.uk/economics

¹⁰⁶ Hawksworth J., Audino H., Clarry R. The World in 2050. The long view: how will the global economic order change by 2050? PwC Economics & Policy services. 2017. URL: <http://www.pwc.com/world2050>

¹⁰⁷ См. [97].

¹⁰⁸ Hawksworth J. PricewaterhouseCoopers: Прогноз развития мировой экономики с 2015 до 2050 года. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий.
URL: <https://gtmarket.ru/news/2015/02/11/7089>

¹⁰⁹ См. [3].

¹¹⁰ См. [1].

Вторая модель (VIK) представлена в работе¹¹¹ и базируется на доминировании ЧК в генерации ВВП с учетом доли специалистов с различным уровнем образования и их коэффициентов вклада в ВВП.

Сравнение этих моделей, с одной стороны, позволяет оценить адекватность модели VIK, а с другой, понять реальные погрешности столь долговременных прогнозов по динамике результатов прогнозов по модели PwC.

Принципиально важно, что модель PwC является экзогенной, а модель VIK – эндогенной, и это позволяет сформировать отношение к этим двум направлениям моделей экономической динамики. Модели также отличаются тем, что VIK в максимальной мере ориентирована на учет образовательной компоненты человеческого капитала.

Модель PwC. Данная модель является адаптированной и упрощенной для целей сравнения долгосрочных прогнозов роста различных стран с сохранением возможности формирования общего сценария роста мировой экономики¹¹². Предполагается, что не происходит крупных глобальных катастроф или войн, угрожающих цивилизации. Рост экономик в данной модели происходит под влиянием четырех основных факторов:

- Рост численности населения в возрасте 15–64 года на основе прогнозов ООН;
- Рост ЧК в связи с прогнозируемым средним уровнем образования работников;
- Рост физического капитала, что определяется новыми капиталовложениями и износом действующего основного капитала;
- Технологический прогресс, улучшающий производительность факторов производства.

В качестве эталонной экономики взяты США, которые наиболее преуспели в технологии и производительности труда. Величина этого роста в прогнозе 2017 года составляет на основе расчетов 1.5%. Данная цифра снижена по сравнению с прогнозом 2015 года, в котором она была принята равной 2%. Соответственно, снижены все остальные прогнозные оценки 2017 года. Предполагается, что остальные страны догоняют США со скоростью, которая определяется прогнозом. Фактически глобальное технологическое развитие моделируется именно заданием темпа производительности труда в США. Циклически колебания вокруг долгосрочных тенденций и возможность технологических скачков игнорируются.

Уровень образования в каждой стране моделируется путем экстраполяции сложившихся за последние годы тенденций. Темп роста образования самый низкий в США, поскольку достигнут наиболее высокий уровень, а остальные страны двигаются по аналогичной траектории.

Темп наверстывания технологического развития пропорционален разрыву с США и составляет 1–2% в зависимости от ситуации в стране, способствующей

¹¹¹ Там же.

¹¹² См. [106].

передаче технологий (догоняющему развитию), включая политическую стабильность, открытость для торговли, верховенство закона, наличие иностранных инвестиций, культурные и финансовые институты. Ситуационно для некоторых стран (Индия, Индонезия, Бразилия) эти факторы могут быть снижены, но в долгосрочной перспективе выйдут на средний уровень 1,5% годового сближения с уровнем США.

Модель VIK. Данная модель базируется на гипотезе, что основным фактором роста ВВП в будущем будет человеческий капитал, а также компоненты физического капитала, пропорциональные имеющемуся ЧК. Человеческий капитал страны оценивается Индикатором интеллектуального (образовательного) человеческого капитала

$$I_{ИК} = \sum K_i N_i. \quad (2.1)$$

Здесь N_i – количество специалистов с уровнем образования i , K_i – весовой коэффициент данного уровня образования. Для специалистов с высшим образованием $K_i = 1$. По результатам оптимизации получены значения коэффициентов для других уровней образования

$$K_C \approx 0.015; K_{CC} \approx 0.25; K_B \approx 1.0; K_H \approx 35. \quad (2.2)$$

Здесь индексы характеризуют следующие уровни образования: с – среднее, сс – среднее специальное, в – высшее, н – работники НИОКР.

Кроме величины $I_{ИК}$, определялся параметр $M_{ИК}$ – мультипликатор интеллектуального капитала, который определял реальное соотношение между ВВП по паритету покупательной способности страны и $I_{ИК}$: $G = I_{ИК} M_{ИК}$ ¹¹³.

В данной модели принято, что рост экономик происходит под влиянием следующих факторов:

- Рост населения в возрасте 25–64 года согласно среднему прогнозу ООН¹¹⁴;
- Рост ЧК на основе прогноза роста образования работников, прежде всего высшего, согласно моделям (2.1), (2.2);
- Текущий рост ВВП по ППС страны (G), как основного источника капиталовложений;
- Рост числа научных работников, как основы технологического прогресса¹¹⁵. Коэффициент K_H включен в число компонент $I_{ИК}$ (2.2).

Более детально методика расчета по модели VIK (прогноз ВВП на базе модели ИИК) представлена в монографии В.Д. Орехова¹¹⁶.

Сравнение PwC и VIK. Таким образом, эти две модели во многом похожи, но и между ними имеются значительные различия, а именно, отличия модели VIK состоят в следующем:

¹¹³ См. [1].

¹¹⁴ См. [29].

¹¹⁵ Prichina O., Orekhov V., Shchennikova E. Modeling the dynamics of number of scientists in the world in the past and the future. Economic and Social Development. Book of Proceedings. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; Russian State Social University. 2017. Pp. 69–81.

¹¹⁶ См. [1].

- В модели VIK определяется не средний уровень образования, а дифференцированно учитывается образовательный профиль страны на основе коэффициентов (2.2);
- Нет прямого, дифференцированного учета капиталовложений, он учитывается через текущий рост ВВП;
- Нет особой роли США в прогнозировании. Каждая страна движется по своей индивидуальной траектории;
- Научно-технический прогресс вводится через учет числа научных работников, причем прогноз роста различается для разных стран, и США не являются лидером по темпам роста;
- Темп роста производительности труда не задается извне, а является результатом роста образовательного уровня работников, включая научных;
- Вместо сближения производительности труда с высшим уровнем США используется процедура сближения мультипликатора интеллектуального капитала $M_{ик}$ со среднемировым уровнем. Для России и Японии это очень важный показатель, поскольку их $M_{ик}$ значительно меньше общемирового (задано условие достижения общемирового уровня к 2050 году);
- Модель VIK является эндогенной, а модель PwC носит экзогенный характер.

Методика сравнения базируется на приведении прогнозируемых в разных работах уровней ВВП к международным долларам 2017 года согласно значениям дефлятора, представленным World Bank¹¹⁷. Использованные значения дефлятора для пересчета данных различных лет к международному доллару 2017 года по ППС приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Значения дефлятора пересчета к 2017 году

Исходный год	2010	2004	2011	2014	2016
Дефлятор	1.1205	1.2727	1.0780	1.0422	1.0180

2.1.2. Результаты

Результаты прогнозирования величины ВВП по ППС (G) в 2050 году, согласно моделям PwC и VIK различных лет публикации, приведены в табл. 2.2 в трлн междунар. долл. 2017 года.

Следует отметить, что в прогнозе PwC от 2006 года были указаны только значения прогноза ВВП по отношению к США, а ВВП США не указан. Поэтому было использовано ВВП США из прогноза 2013 года. Величина ВВП для ЕС в прогнозе PwC не приведена, хотя дан прогноз для Германии, Великобритании, Франции и Италии. Здесь ВВП ЕС на 70% больше, чем сумма этих четырех стран.

¹¹⁷ Deflator. World Bank. 2018. URL: <https://data.worldbank.org>

Таблица 2.2. Результаты прогноза ВВП по ППС в 2050 году

G(2050), трлн долл.	Год публикации	Китай	ЕС	Индия	США	Бразилия	Россия	Япония	Мексика	Индонезия	Нигерия	Сумма
PwC 06	2006	58	32	41	41	10	5.7	9	6.9	7.7	7.7	220
PwC 13	2013	58	38	37	41	10	8.6	8.7	8.0	6.8	4.3	221
PwC 15	2015	64	37	44	43	10	7.9	8.2	8.3	13	7.6	242
PwC 17	2017	60	36	45	35	7.7	7.3	6.9	7.0	11	4.4	219
VIK 15	2015	59	35	40	32	11	10	9.1	8.2	9.2	6.7	221

Сравнения ВВП в 2050 году по прогнозам PwC, опубликованным в 2017 году, и VIK, опубликованным в 2015 году, приведены на рис. 2.1 (реально прогнозы были выполнены, как правило, по данным, полученным на год раньше даты публикации).

Видно, что в целом согласование прогнозов удовлетворительное для долгосрочного прогноза на 33 года, хотя относительное отклонение достигает 52% для Нигерии, 45% для Бразилии, 39% для России. Относительное отклонение в области ВВП порядка 10 трлн долл. значительно больше, чем в области больших ВВП. Суммарный прогноз по всем странам согласуется с точностью до 0.7%, что очень хорошо для столь разных моделей расчета.

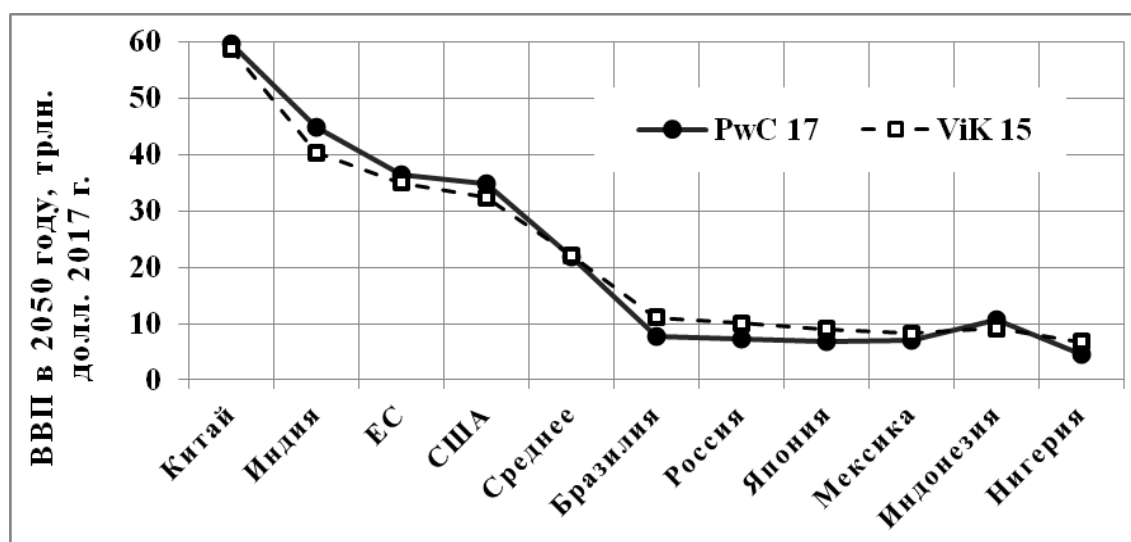


Рис. 2.1. Прогнозы ВВП стран в 2050 г. по моделям PwC и VIK

Заметно, что для развитых экономик прогноз PwC дает значения выше, чем VIK, а для развивающихся и Японии — ниже. Это может быть результатом методики расчета, которая экзогенно задает коэффициент догоняющего развития, что больше влияет на развивающиеся страны. Также существенны индивидуальные поправки для Индии, Индонезии и Бразилии.

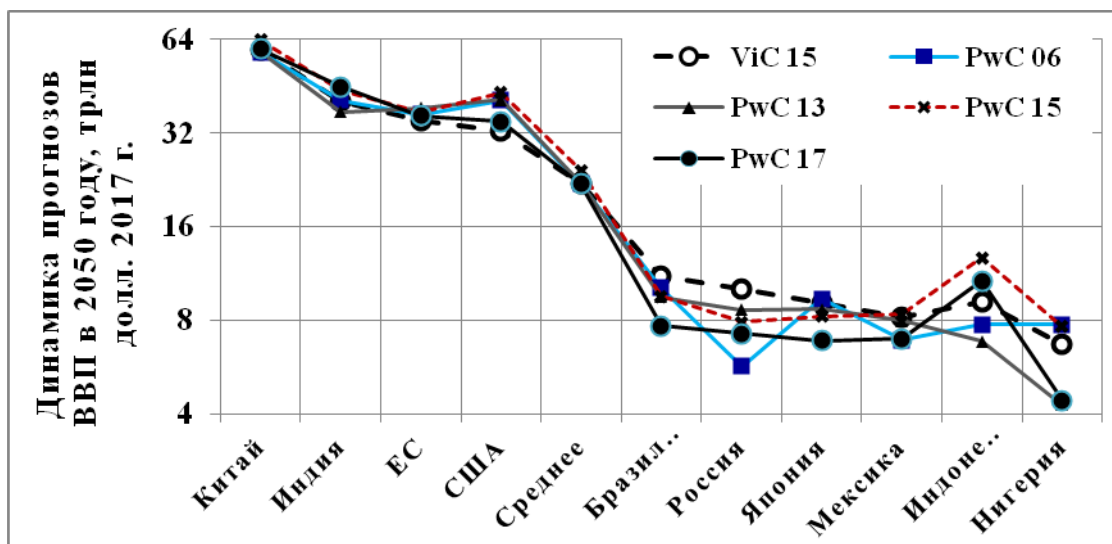


Рис. 2.2. Динамика прогнозов ВВП в 2050 г. по моделям PwC и ViC

Если рассмотреть всю динамику прогнозов различных лет в логарифмическом масштабе, чтобы были лучше заметны отклонения в области малых значений ВВП (рис. 2.2), то можно отметить значительный разброс прогнозов ВВП по модели PwC в области малых ВВП, которые доходят до $\pm 50\%$.

Для того чтобы более четко понять уровень отклонений, на рис. 2.3 представлены только прогнозы для стран с наибольшими разбросами, причем данные приведены по отношению к прогнозу PwC 2015 года – 100%, для каждой страны отдельно.

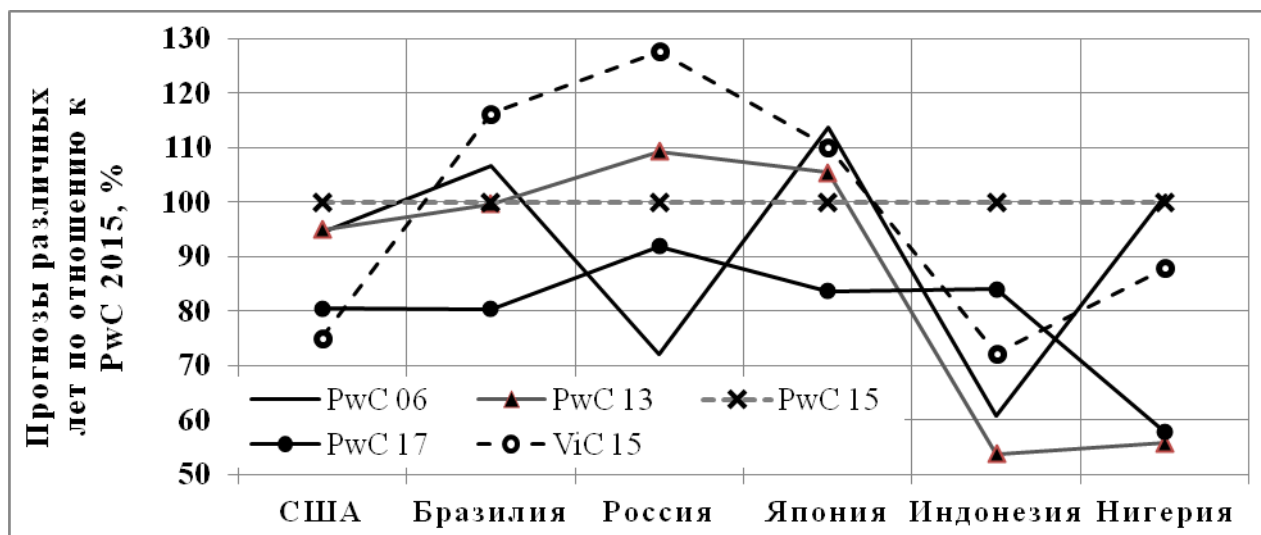


Рис. 2.3. Прогнозы ВВП по моделям PwC и ViC с наибольшим разбросом

Видно, что по отношению к прогнозу PwC 2015 г. наибольшими отклонениями характеризуются такие страны, как Индонезия, Нигерия и Россия, причем для первых двух только в отрицательную сторону, а для России – и в плюс, и в минус. Также очень заметно отклонение прогноза 2017 года для этих стран в отрицательную сторону по отношению к прогнозу 2015 года (в среднем примерно

на 18%; для России – 8%, для Нигерии – 42%). Таким образом, ситуационные факторы оказывают значительное влияние на прогнозы ВВП.

Например, для Индонезии ряд прогнозов в трлн долл. характеризуется следующими цифрами с 2006 по 2017 год: 7.7; 6.8; 13; 11. Видно, что произошел скачок прогноза на увеличение почти в 2 раза, а затем началось снижение в соответствии с общей тенденцией.

Для Нигерии аналогичный ряд выглядит так: 7.7; 4.3; 7.6; 4.4. То есть происходит пилообразное изменение прогноза почти на 80%. Нужно отметить, что по модели VIK прогнозирование ВВП этих стран также вызывает очень большие проблемы, поскольку данные об образовательном и научном уровне для них весьма ненадежны.

По отношению к России прогнозы PwC относительно последовательны, и линейка прогнозов выглядит так: 5.7; 8.6; 7.9; 7.3. После 2006 года, реагируя на восстановление экономики РФ после кризиса, прогноз увеличен в полтора раза. В 2015 г., реагируя на санкции, он снижен на 8%, а далее, в 2017 г., незначительно снижен в соответствии с общей тенденцией на снижение темпов роста ВВП.

Тем не менее можно отметить, что ситуационные факторы, которые не должны были бы оказывать влияния на столь долгосрочный прогноз, играют слишком большую роль в динамике прогнозов PwC.

Для определения уровня согласования прогнозов PwC и VIK были рассчитаны относительные стандартные отклонения для четырех прогнозов PwC и совокупности прогнозов PwC и VIK для каждой страны, которые приведены на рис. 2.4.

Видно, что добавление прогноза VIK к прогнозам PwC не приводит к значительному увеличению относительного стандартного отклонения, а по наиболее сложным прогнозам (Индонезия и Нигерия) уменьшает его. Увеличение примерно на четверть характерно для США и России, что является следствием различий в методике прогнозирования (особая роль США и учет ситуационных характеристик России).

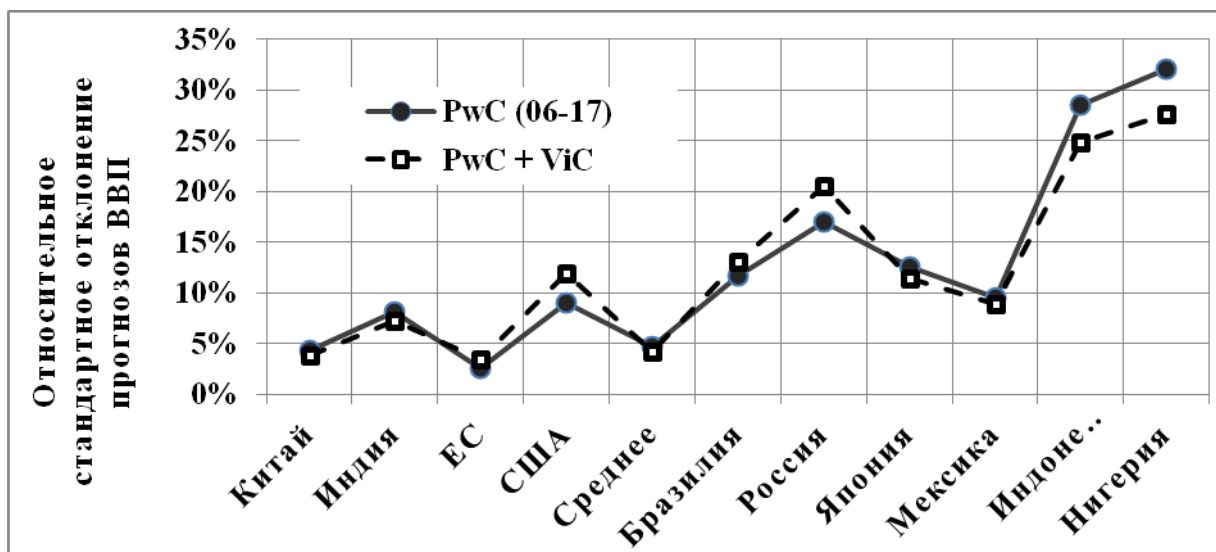


Рис. 2.4. Относительное стандартное отклонение прогнозов PwC и VIK

Сравнение позиций (мест), которые занимают различные страны согласно прогнозам PwC 2017 г. и VIK 2015 г. по величине ВВП (табл. 2.3), показывает, что указанный выше разброс прогнозов не влияет принципиально на порядок мест среди ведущих мировых экономик. Однако порядок следования экономик с 5-го по 9-е место, мало отличающихся по величине, сложно определить.

Таблица 2.3. Сравнение прогнозов PwC и VIK, места стран по ВВП к 2050 г.

Модель	Китай	Индия	ЕС	США	Бразилия	Россия	Индонезия	Япония	Мексика	Нигерия
VIK 15	1	2	3	4	5	7	9	6	8	10
PwC 17	1	2	3	4	6	7	5	9	8	10
Среднее	1	2	3	4	5	6 – 9				

Проведенное выше сравнение двух принципиально различных моделей прогнозирования показывает, что прогнозы суммарного мирового ВВП выполнены с хорошей достоверностью и могут использоваться для принятия управленческих решений относительно социально-экономических систем. Продемонстрировано, что разработанная авторами экзогенная модель VIK обладает достоинством саморегулирования параметров и может быть использована как прототип для разработки еще более совершенных моделей прогнозирования, которые станут основой для принятия решений по управлению в социально-экономических системах.

Выводы

1. В разделе проведено сравнение прогнозов социально-экономического развития (роста ВВП) 10 крупнейших экономик мира до 2050 года, выполненных по модели компании PricewaterhouseCoopers и по авторской методике VIK, отличающейся эндогенной спецификой формирования параметров прогнозирования и доминированием образовательной характеристики человеческого капитала в составе движущих факторов роста.
2. Показано, что отличие суммарного значения ВВП до 2050 года по прогнозам PwC 2017 г. и VIK 2015 г. составляет 0.7%, что подтверждает адекватность модели VIK. Для ряда стран относительное отличие находится на пределе удовлетворительного уровня для долгосрочного прогноза, достигая 39–52% для России, Бразилии и Нигерии.
3. Для развитых экономик прогноз PwC 2017 г. дает значения выше, чем VIK 2015 г., а для развивающихся – ниже, это может быть связано с тем, что в модели PwC экзогенно задается коэффициент догоняющего развития.
4. Прогноз PwC 2017 года отклоняется от прогноза 2015 года примерно на 18% в меньшую сторону для таких стран, как США, Бразилия, Япония, Индонезия, 8% – для России и 62% – для Нигерии.
5. Разброс прогнозов PwC, выполненных в разные годы, достигает 50% для наименьших из рассмотренных экономик (Индонезия и Нигерия), что характеризует погрешность таких долгосрочных прогнозов.
6. Показано, что относительное среднеквадратичное отклонение совокупности четырех выполненных прогнозов PwC для большинства стран не превышает 13%, а для Индонезии и Нигерии – порядка 30%. При добавлении к этой совокупности прогноза VIK относительное среднеквадратичное отклонение, как правило, снижается.
7. Разработка моделей и алгоритмов прогнозирования развития социально-экономических систем с учетом образовательной компоненты до 2050 г. показала, что использование различных прогнозных инструментов экономической динамики (PwC и VIK) позволяет совершенствовать механизм принятия управленческих решений в социальных и экономических системах.

2.2. Повышение качества подготовки трудовых ресурсов и формирования конкурентоспособности работников: анализ результатов проекта PISA¹¹⁸

Современная ступень исторического развития общественного производства характеризуется тем, что происходит переход к экономике, ориентированной на знание, и доминированию человеческого капитала в составе национального богатства большинства стран.

Все более актуальным становится использование инклюзивной модели экономического развития^{119, 120}, ориентированной на формирование и реализацию индивидуального трудового потенциала всех работников. Инклюзивная модель развития открывает новые ресурсы роста человеческого капитала и багажа знаний человечества, что особенно актуально для восстановления темпов роста мировой экономики в период демографического перехода.

Такая эволюция социально-экономических отношений неизбежно ведет к росту внимания к качеству образования и эффективности вложения в него средств. Этот фактор весьма важен и для России, поскольку, по мировым меркам, инвестиции в образование относительно невелики, однако страна вышла в мировые лидеры по доле населения, относящейся к высококвалифицированной рабочей силе с профессиональным образованием ~ 58% (третичное по международной классификации МСКО)¹²¹.

Ориентация на инклюзивную модель развития требует вовлечение в трудовую деятельность всего населения, практически без исключения. Россия в этом отношении достаточно последовательна, и не случайно занимает высокие позиции в рейтинге инклюзивности экономики¹²². Но такой подход требует и достаточно больших дополнительных затрат, в частности, на образование, которые, однако, следует рассматривать как инвестиции. В этих условиях возникает вопрос, насколько образование, полученное российскими учащимися, является реально качественным?

¹¹⁸ Основные результаты опубликованы в работе: Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Проблемы повышения качества подготовки трудовых ресурсов и формирования конкурентоспособности работников: анализ результатов проекта PISA. Проблемы экономики и юридической практики. М., Юр-БАК. 2018. № 1. С. 43-46.

¹¹⁹ Авдокушин Е.Ф., Иванова В.Н. Инклюзивное развитие: основные направления, базовые предпосылки и возможные ограничения. Вопросы новой экономики. №3, 2014. С. 4-13.

¹²⁰ The Growth Report: Strategies for Sustained Growth and Inclusive Development. Commission on Growth and Development. 2008. www.growthcommission.org

¹²¹ Капелюшников Р.И. Спрос и предложение высококвалифицированной рабочей силы в России: кто бежал быстрее? препринт WP3/2011/09 [Текст] / Р. И. Капелюшников; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. 68 с.
<https://www.hse.ru/pubs/share/direct/document/69565182>

¹²² Кувшинова О., Базанова Е. Россия на 13-м месте среди 78 развивающихся стран по инклюзивности экономики. Ведомости. 16.01.2017. <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2017/01/16/673218-rossiya>

2.2.1. Исследование PISA

Удобную возможность для ответа на этот вопрос предоставляет исследование PISA (Programme for International Student Assessment) – программа международного мониторинга качества обучения 15-летних учащихся¹²³. Программа нацелена на оценку умений школьников получать полезную для жизненной практики информацию с использованием чтения, математики и естественных ук^{124, 125, 126}. Верхняя часть таблицы результатов PISA–2015 дана на рис. 2.5¹²⁷.

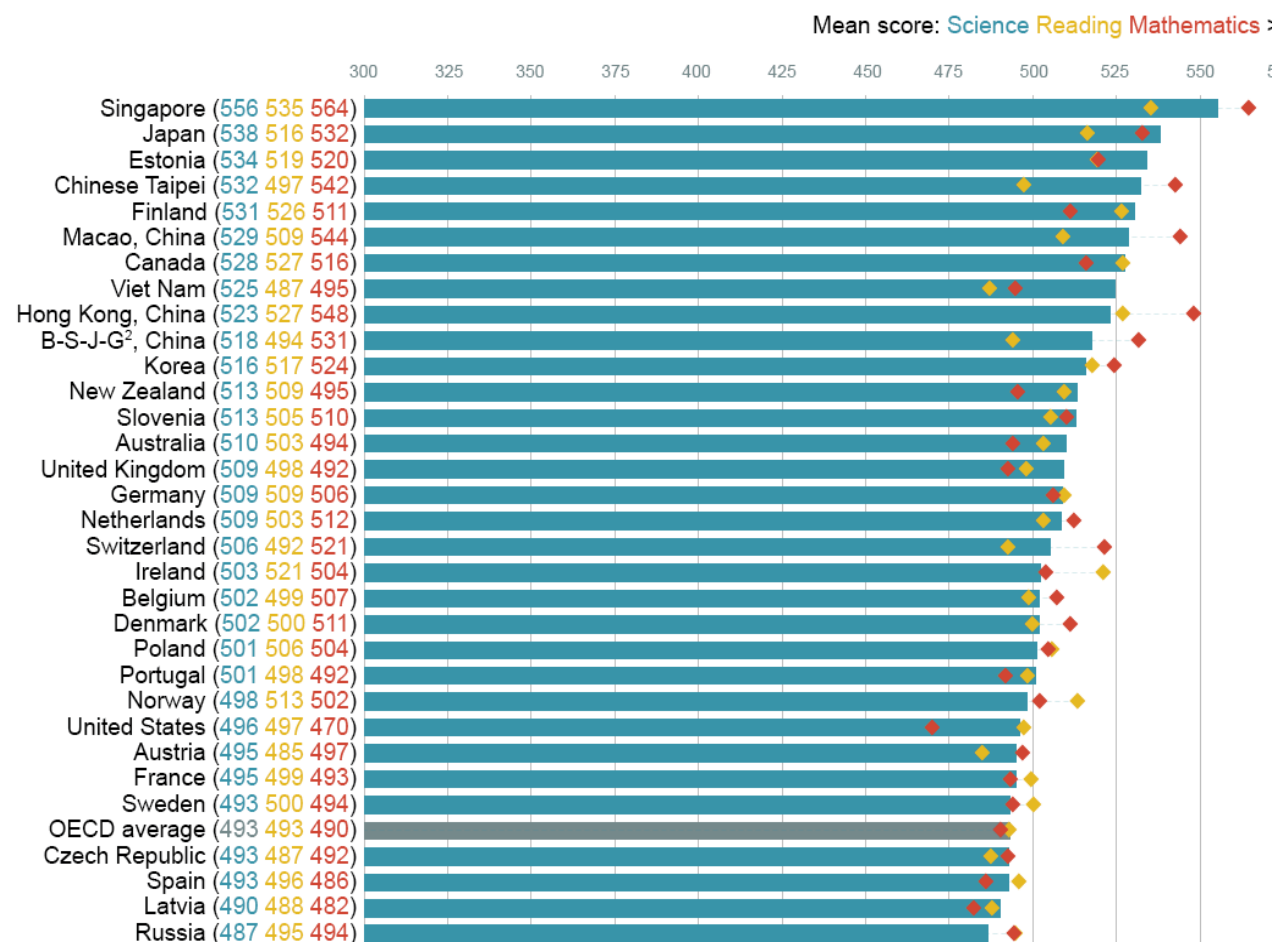


Рис. 2.5. Результаты тестирования школьников PISA 2015

Исследование PISA организует международный консорциум научных организаций, а также национальных центров и организаций OECD. Результаты тестирования школьников подводятся один раз в три года, причем циклически меняются приоритеты оценивания различных дисциплин. Основной из них уделя-

¹²³ PISA 2015 Results in Focus. OECD 2016. http://www.sel-gipes.com/uploads/1/2/3/3/12332890/2016_-_oecd_-_pisa_results_in_focus.pdf

¹²⁴ PISA 2015 Database. OEDC. 2016.

¹²⁵ Кравцов С.С.. Итоги участия в международном исследовании PISA-2015. http://obrnadzor.gov.ru/common/upload/RON_PISA_Kravtsov.pdf

¹²⁶ Основные результаты международного исследования PISA-2015. Центр оценки качества образования ИСРО РАО.

¹²⁷ Saltelli A. International PISA tests show how evidence-based policy can go wrong. DjbBlogger 2017. <https://www.djbblogger.com/international-pisa-tests-show-how-evidence-based-policy-can-go-wrong/>

ется 67% времени тестирования. В 2012 году ведущей была математическая грамотность, а в 2015 – естественнонаучная, в 2009 – чтение^{128, 129}.

Хотя это исследование и не относится непосредственно к третичному образованию, однако 15-летний возраст является предстартовым для профессиональной подготовки, и его качество непосредственно влияет на последующие успехи учащихся, а значит, позволяет реализовать кумулятивные эффекты увеличения человеческого капитала. К тому же в этом возрасте, в отличие от высшего образования, учащиеся разных стран получают достаточно однородные знания и навыки и поэтому можно достаточно корректно проводить международные сравнения. Фактически данное исследование нацелено на анализ возможностей увеличения человеческого капитала за счет различных вариантов реализации стратегии повышения качества среднего образования, которая широко используется в мире, особенно в развитых странах.

В принятой 26 декабря 2017 г. Государственной программе РФ «Развитие образования»¹³⁰ достижение плановых показателей в рамках тестирования PISA определено в качестве целевого ориентира качества образования. Запланировано сохранение позиций РФ в 2018 году по естественно-научной грамотности (диапазон 30-34 места) и по читательской грамотности (диапазон 19-30 места). Планируется повышение позиций РФ в 2021 году по естественно-научной грамотности не ниже 30 места, по читательской грамотности не ниже 25 места, по математической грамотности – не ниже 22 места. К 2025 году в планах повышение позиции России в программе PISA до 20 места. В табл. 2.4 приведены указанные плановые показатели, а также места и баллы, полученные школьниками РФ в предыдущие годы. Как видно из таблицы, планируется достаточно быстрый рост позиций российских школьников, поэтому важно понять, насколько реальны такие планы (обозначены *).

Таблица 2.4. Показатели PISA для России в прошлом и планы с 2018 года

		2009	2012	2015	2018	2021	2025
Естествознание	Место	38	38	33	30-34*	30*	
	Балл	478	486	487	478		
Чтение	Место		43	26	19-30*	25*	
	Балл		475	495	479		
Математика	Место	37	35	25		22*	
	Балл	468	482	494	488		
В среднем	Место	42	40	29		26*	20*
	Балл	459	481	492	482		

¹²⁸ См. [120].

¹²⁹ Жебровская О.О. Международные сравнительные исследования PISA. 2013. <http://ingadymova.ru/data/documents/PISA.pdf>

¹³⁰ Государственная программа РФ «Развитие образования». Постановление Правительства РФ № 1642 от 26 декабря 2017 г.

2.2.2. Динамика показателей российских школьников

Рассмотрим динамику показателей российских школьников в предыдущие годы. По результатам 2015 года, как видно из табл. 2.4, они заняли 33 место из 70 по естественнонаучной грамотности. За 15 лет¹³¹ оценки россиян (рис. 2.6) существенно выросли, при этом был ликвидирован провал в показателе по чтению, который появился в 2003 году, что вероятно связано с проблемами переходного периода в России. Однако по результатам 2018 года произошло снижение показателей примерно на 10 баллов, несмотря на планы роста (рис. 2.6).

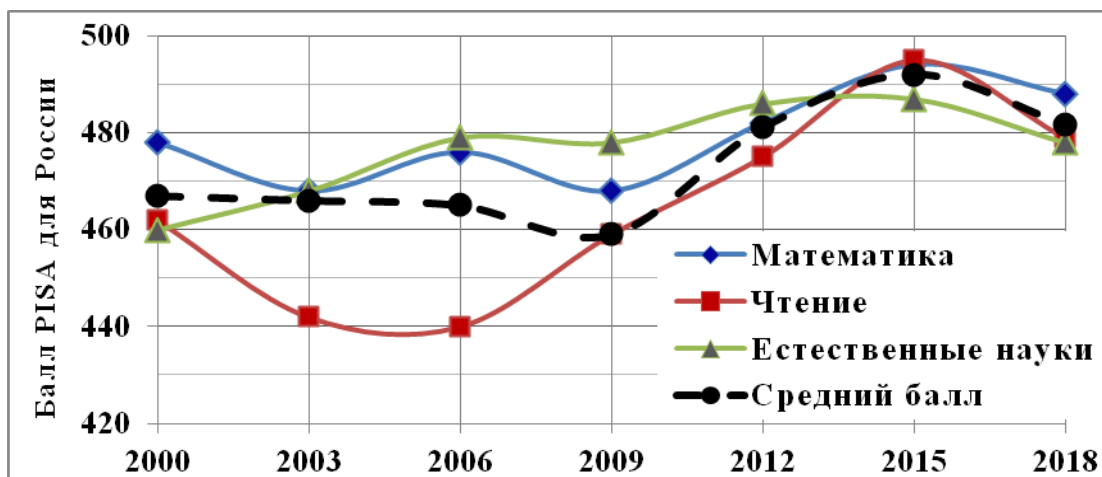


Рис. 2.6. Динамика результатов российских участников мониторинга PISA

Как видно на рис. 2.6, несмотря на то, что дисциплина, которую проверяют более тщательно, меняется год от года, существенного влияния на показатели по этой дисциплине не заметно. Поэтому для характеристики качества образования в стране уместно использовать среднее значение по трем оценкам, которое ведет себя значительно более консервативно, чем отдельные показатели. Вероятно, это отражает тот факт, что при изменяющихся видах заданий некоторые из них могут оказаться непонятными школьникам отдельных стран (есть ограничения по адаптации текстов при переводе).

Сравнение результатов школьников США, России и стран ОЭСР (рис. 2.7) показывает, что к 2015 году российские школьники значительно улучшили результаты и вплотную приблизились по показателям PISA к среднему показателю стран Организации экономического сотрудничества и развития. Также видно, что показатели школьников США, как и России, довольно нестабильны по времени.

¹³¹ Мониторинг и оценка качества процесса обучения PISA. Medelle. – 2017. <http://www.education-medelle.com/>

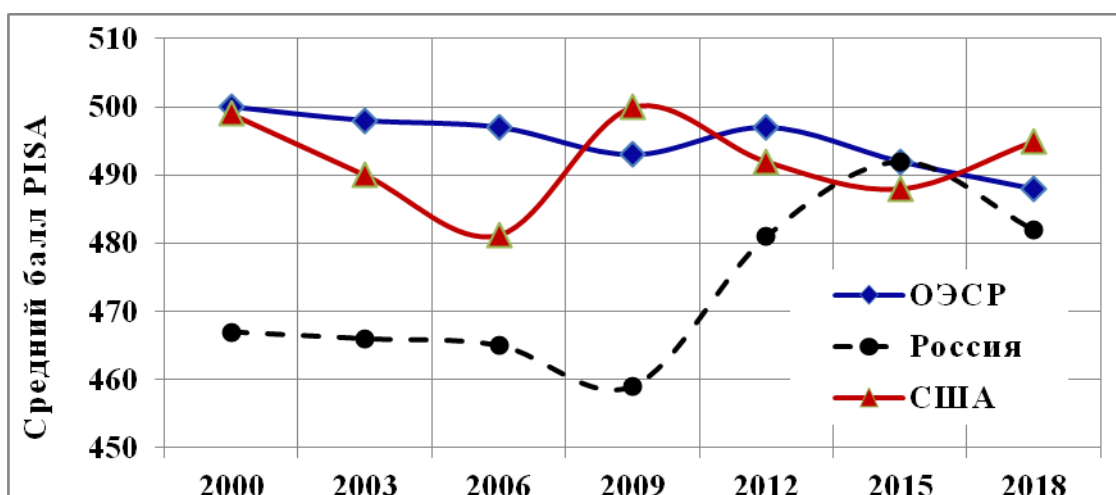


Рис. 2.7. Сравнение результатов школьников США, России и ОЭСР

Для того чтобы соотнести уровень оценок с благосостоянием стран, на рис. 2.8 представлена зависимость средних арифметических по дисциплинам оценок PISA 2015 от ВВП стран на душу населения – G/N в тыс. долл. США 2015 г.¹³². При этом для удобства оценки PISA (P_{10}) были нормированы к 10-балльным, т.е. разделены на 60.

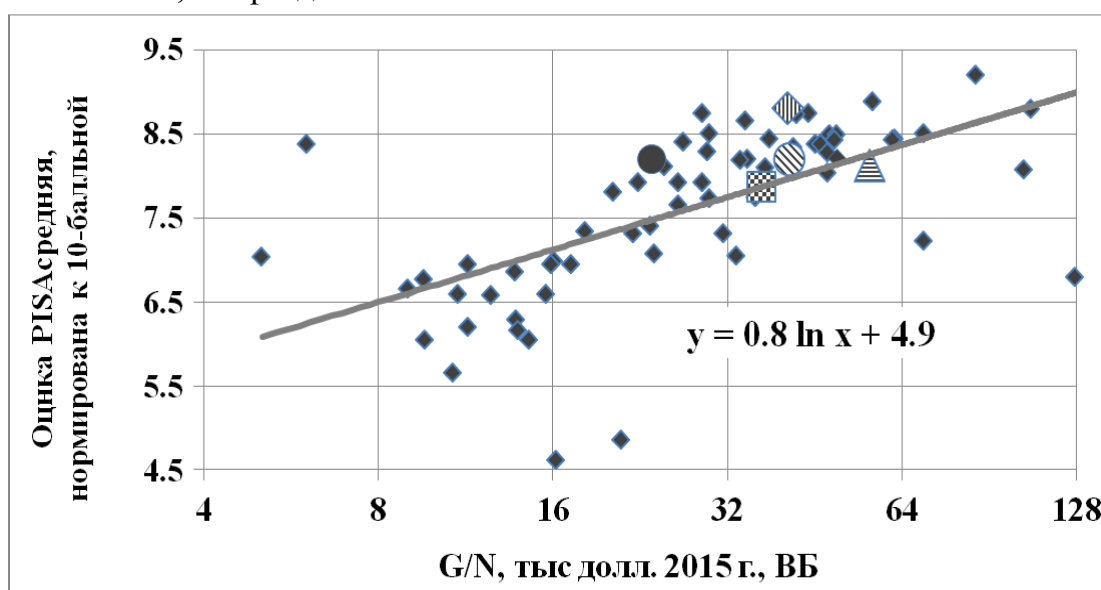


Рис. 2.8. Зависимость оценки PISA 2015 от ВВП на душу населения

Сравнение позиций различных стран показывает, что, в основном, более высокие оценки получают страны с достаточно высоким ВВП на душу населения. Основная группа значений примерно линейно зависит от ВВП на душу населения. Однако, за счет некоторых, значительно отклоняющихся от общей зависимости точек, линейная аппроксимационная прямая в логарифмической системе координат (двоичный логарифм) имеет заметно меньший угол наклона, чем у прямой, аппроксимирующей основную группу значений.

¹³² Список стран по ВВП (ППС) на душу населения. Википедия, 2017. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

Среди немногих исключений в положительную сторону находится Вьетнам ($P_{10} = 8.4$; $G/N = 6.03$ тыс. долл.) и, в меньшей степени, Молдова ($P_{10} = 7.0$; $G/N = 5.05$ тыс. долл.).

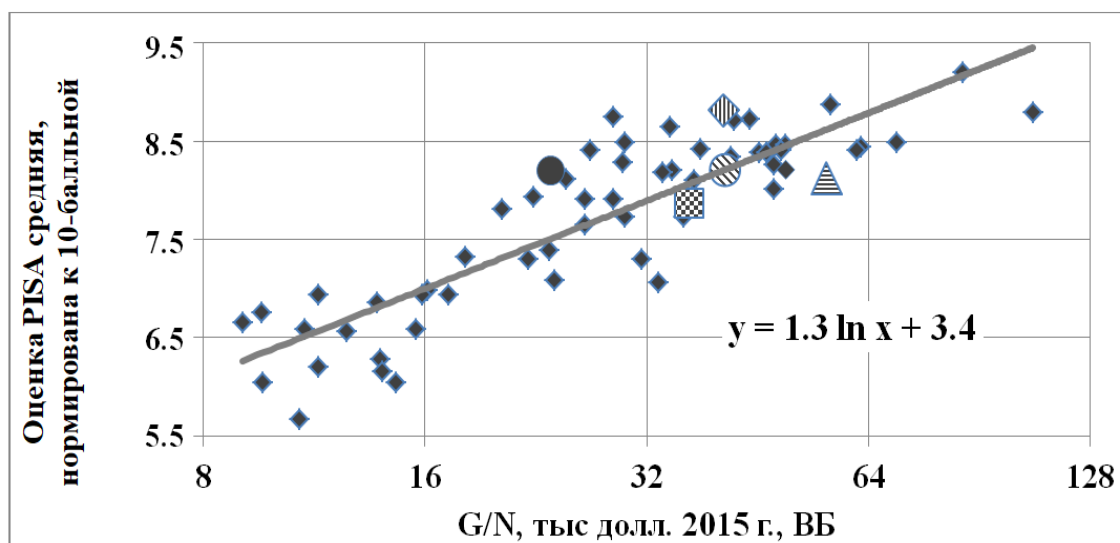


Рис. 2.9. Основная группа оценок зависимости $P_{10}(G/N)$

Более низкие оценки PISA 2015, чем у основной группировки стран, характерны для ряда государств с очень высоким ВВП на душу населения (Катар, ОАЭ и Лихтенштейн), а также для Таиланда и Уругвая. Если отбросить значения, соответствующие этим семи странам, то аппроксимационная прямая достаточно хорошо соответствует основной группе точек (рис. 2.9).

На рис. 2.9 крупными маркерами и штриховкой выделен ряд характерных позиций: Россия – черный кружок, среднее значение для стран OECD – кружок со штриховкой, США – треугольник, Япония – ромб, Израиль – квадрат.

Видно, что для России, как и для стран OECD оценка $P_{10}=8,2$, что незначительно выше, чем для США ($P_{10}=8,1$), однако по показателю места в таблице это на 3 места выше. Более существенное отличие можно заметить с учетом показателя ВВП на душу населения. Его учет позволяет утверждать, что система образования России более эффективно использует свой ВВП для образования молодежи, чем страны ОЭСР и США.

Япония характерна тем, что ее показатель PISA один из наиболее высоких среди крупных стран. Однако с учетом фактора ВВП на душу населения, видно, что для Японии уровень эффективности образовательной системы (по соотношению оценок PISA 2015 и ВВП на душу населения) примерно такой же, как и для России. Еще одной характерной точкой является оценка школьников Израиля, которая ниже, чем у России и по абсолютному значению, и с учетом ВВП на душу населения.

Выводы

1. Представлен анализ результатов тестирования 15-летних школьников в рамках проекта PISA с точки зрения оценки возможностей вовлечения в трудовую деятельность старших школьников, в частности российских.
2. Показано, что российские школьники показывают в настоящее время результаты на уровне ОЭСР и США.
3. В 2003–2012 годах было отмечено отставание России по показателю «чтение», что может быть связано со значительным количеством приезжих из стран ближнего зарубежья.
4. Проведенное исследование показывает, что рост ВВП на душу населения создает закономерную возможность улучшения образовательных успехов молодых людей.
5. При реализации данной возможности роста человеческого капитала не все страны в равной мере пользуются своим потенциалом, в частности уровнем ВВП на душу населения. Россия, согласно полученным результатам, находится в числе успешных по этому показателю в настоящее время.
6. Это также позволяет утверждать, что страны с относительно низким ВВП на душу населения могут догонять более богатые и более эффективно использовать свои ресурсы для качественной подготовки подрастающего поколения и роста человеческого капитала.

2.3. Профессиональные стандарты как ядро новой образовательной парадигмы¹³³

Быстрый рост доли человеческого капитала в составе мирового богатства ознаменовал переход человечества в эпоху экономики знаний. В связи с этим возрастает внимание общества к квалификации специалистов. На смену массовому образованию университетского типа, уделявшему внимание, прежде всего, базовым знаниям, ориентированным на основные отрасли науки, приходят новые образовательные цели.

2.3.1. Смена парадигмы образования

Многие российские специалисты в области образования в начале XXI столетия отмечали, что ведущей тенденцией современного образования и педагогического сознания общества является переход к новой образовательной парадигме^{134, 135, 136, 137}. Утверждалось также, что классическая «знаниевая» парадигма, господствовавшая в образовании на протяжении многих веков, исчерпала свои возможности. В качестве альтернативы предлагалась новая парадигма, в основе которой лежит идея личностно ориентированного, гуманистического образования^{138, 139}.

Напомним, что основными положениями классической, или знаниевой парадигмы были следующие¹⁴⁰:

1. В основе образования лежат базовые знания и соответствующие умения, навыки, определенные способы обучения.
2. Содержание образования составляют действительно важные и необходимые, а не второстепенные знания. Система образования носит академический характер и ориентируется на базовые отрасли науки.
3. Важное место в образовании принадлежит этическим ценностям.

¹³³ Основные результаты опубликованы в работах: Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Профессиональные стандарты как ядро новой образовательной парадигмы // Социально-политические науки. 2017, №5. С.46–51., М., Юр-ВАК.

Орехов В.Д., Жаворонкова Н.М., Причина О.С., Эмих О.К. Уровни квалификации специалистов применительно к разработке профессиональных стандартов//Вестник МИМ ЛИНК. 2017, № 1. С. 168–173.

¹³⁴ Поздняков А.С. Общие основы педагогики: тезисы лекций. Учебное пособие. – Саратов: ИЦ "Наука", 2009. 68 с.

¹³⁵ Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. – М.: Народное образование, 1998. – 256 с.

¹³⁶ Креативная педагогика: методология, теория, практика/Под ред. Ю.Г. Круглова. – М.: МГОПУ им. М.А. Шолохова, ИЦ "Альфа", 2002. 240 с.

¹³⁷ Вербицкий А.А. Контекстное обучение и становление новой образовательной парадигмы.//Научные труды МИМ ЛИНК. 2000, № 2. С. 2–41.

¹³⁸ См. [135].

¹³⁹ Сериков В.В. Ориентация на личность как парадигма современного образования. Элиста: Просвещение, 1998.

¹⁴⁰ См. [134].

Основные отличия предлагавшейся «новой» парадигмы образования от классической заключались в том, что первостепенной целью образования вместо «Подготовки подрастающего поколения к жизни и труду» провозглашается «Обеспечение условий самоопределения и самореализации личности»^{141, 142}. Вместе с тем отличия этих парадигм не касаются принципиальных положений знаниевой парадигмы, а относятся к особенностям ее реализации. Рассмотрим, какие еще недостатки знаниевой парадигмы свидетельствуют о том, что она исчерпала свои возможности. Так, В.В. Сериков¹⁴³ отмечает:

1. Объем знаний даже для самой общей ориентировки в нем стал почти не постижимым!
2. Стало ясно, что функция образования далеко не сводится к знаниювому насыщению человека. Жизненная практика показала, что широта и энциклопедичность познания уживаются с низкой образованностью человека. Смена парадигм в данном случае выступает как закономерное восхождение к более целостному пониманию самого феномена образованности, в структуру которого теперь необходимо должны войти не только «знаниевый», деятельностный и творческий опыт, но и опыт собственно духовно-личностной самоорганизации человека.
3. Поворот образования к личности обусловлен общим кризисом технократической цивилизации. Личностная парадигма противостоит централизму и единообразию в образовании; экстенсивному росту объема знаний при сокращении «пространства» осмысления и рефлексии.

Проанализируем предъявляемые к знаниевой парадигме претензии.

1. Действительно, объем знаний стал слишком велик для успешной ориентировки в нем обучаемых. Но значит ли это, что всю ответственность за выбор пути самореализации теперь нужно передать самому обучаемому? Конечно, это удобный повод общества уйти от ответственности, но будет ли он принят человеком, если он не найдет применения в жизни? Представляется, что данный аргумент минимум спорный.
2. Безусловно, знаниевая компонента не является самодостаточной, и духовно-личностный аспект образования является очень важным. Но третья компонента знаниевой парадигмы именно и подчеркивает ее важность. Конечно, особенности реализации духовно-личностного развития могут быть осуществлены с помощью новых, более эффективных методик, но это никоим образом не отбрасывает тень на знаниевую парадигму.
3. Следующая проблема формулируется как кризис технократической цивилизации и противостояние централизму и единообразию в образовании. Однако утверждение о кризисе цивилизации, основанной на техническом развитии,

¹⁴¹ См. [136].

¹⁴² Абасов З.А. Традиционное и инновационное в современном российском образовании. http://sciphi.info/index.php?option=com_content&view=article&id=165:2011-06-02-06-37-30&catid=80:science

¹⁴³ См. [139].

минимум гипертрофированно, причем здесь присутствует надуманное противопоставление «гуманитарный – естественнонаучный», «физиики-лирики». Многие страны мира в разное время прошли период индустриализации, а крупнейшие развивающиеся страны, такие как Китай и Индия, проходят его в настоящее время. После периода промышленных и научно-технических революций страны вступают в постиндустриальную эпоху, а затем в эру «экономики знания», но это никоим образом не отрицает важности знания как основы развития современной цивилизации, в том числе гуманитарного знания.

Вопросы управления разнообразием в образовании, скорее, являются пережитком предыдущего общественного строя в России, а не парадигмы образования. Правильное соотношение централизации и децентрализации, безусловно, является важным моментом, но и в этом вопросе не конструктивно впадать в крайности и от полной централизации переходить к максимальной децентрализации – неограниченной, но и не реализуемой свободы для личности в вопросе образовательного выбора.

Отметим еще два важных недостатка образования, которые можно предъявить классической парадигме. Одним из самых серьезных недостатков существовавшего образования является оторванность его от реальной жизни, отсутствие связи между учебными знаниями и реальной действительностью. Говоря о разрыве между школьной жизнью и реальной действительностью, о непрактичности знаний наших учащихся как о серьезном недостатке отечественного образования, академик РАО А.М. Новиков писал: «При достаточно высоком уровне теоретической подготовки, которую дает отечественная общеобразовательная и профессиональная школа, ни та, ни другая не приучает учащихся, студентов пользоваться полученными теоретическими знаниями в практической деятельности, знания наших ребят непрактичны»¹⁴⁴.

Еще одним недостатком современного образования, который проецируется и на парадигму образования, считается то, что оно находится в состоянии глубокого кризиса, причем не только в России, но и в наиболее развитых странах мира. По поводу того, в чем проявляется этот кризис, у разных авторов согласия нет. Так, в работе¹⁴⁵ отмечается, что одной из причин кризиса явилось бурное расширение сферы образования и изменение ее статуса, что сопровождалось обострением проблем. В качестве другой причины выдвинуто то, что в результате информационной революции образование вынуждено искать новые модели трансляции знаний и образцов. Отмечается также, что «новые технологии предъявили новые требования к работнику в плане не только количества знаний, умений, навыков, но и к его творческим способностям и личным качествам (инициативность, предприимчивость, активность). Это вызвало острое напряже-

¹⁴⁴ Новиков А.М. Что знает Иван, чего не знает Джон? Что умеет Джон, чего не умеет Иван? // Народное образование. 2001, № 1. С. 8-9. <http://www.anovikov.ru/artikle/ivan.htm>

¹⁴⁵ Бодрова Е.В., Никитина С.Б. Кризис системы образования. Поиск новой парадигмы образования на рубеже XX-XXI веков // Официальный сайт Московского гуманитарного университета.

ние в отношениях системы образования с рынком труда, производством, которое определили словом «кризис».

2.3.2. На пути к профессиональной парадигме

Начиная с 2013 года, в России был принят ряд законодательных актов, нацеленных на коренное изменение парадигмы формирования профессиональных компетенций и квалификаций и повышение качества трудовых ресурсов. Было установлено, что организации профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ должны руководствоваться профессиональными стандартами^{146, 147, 148}. Профессиональные стандарты также должны использоваться работодателями и разработчиками федеральных образовательных стандартов профессионального образования. Установлено также, что «Проекты профессиональных стандартов могут разрабатываться объединениями работодателей, работодателями, профессиональными сообществами, саморегулируемыми организациями и иными некоммерческими организациями с участием образовательных организаций профессионального образования и других заинтересованных организаций».

По сути, это означает радикальное изменение парадигмы образования и переводит ее из разряда ориентированных на науку в ранг практико-ориентированных, профессиональных. В отличие от классической образовательной парадигмы, которая ориентировалась на базовые отрасли науки и носила академический характер, новая парадигма базируется, прежде всего, на интересах широкого круга профессиональных сообществ. Однако данная парадигма существенно отличается и от «гуманистической» парадигмы. Различия трех парадигм показаны в табл. 2.5.

Следует отметить, что происходящие «метания» от одной парадигмы к другой связаны со сложностью решения проблемы усвоения специалистами все возрастающего объема знаний человечества. В настоящее время объем явных знаний, согласно формуле (1.18), составляет около 27 млн условных книг (рис. 1.6), каждая из которых при оцифровке занимает около 1 Мбайта памяти. Объем скрытых знаний всех людей в сотни раз больше, чем явных (1.22), и ясно, что эффективно управлять усвоением такого огромного количества знаний специалистами достаточно сложно. В результате, согласно знаниевой парадигме, которая возникла около 350 лет назад, когда объем явных знаний составлял около 1 млн условных книг, было принято ориентироваться лишь на базовые знания основных отраслей науки.

¹⁴⁶ Постановление Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. №23 «О правилах разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов».

¹⁴⁷ Приказ Минтруда России от 12 апреля 2013 г. № 148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов».

¹⁴⁸ Распоряжение Правительства Российской Федерации № 487-р от 31 марта 2014 г. «Комплексный план мероприятий по разработке профессиональных стандартов, их независимой профессионально-общественной экспертизе и применению на 2014–2016 годы».

Сейчас такой подход уже не обеспечивает даже приближенное знакомство специалистов со всем массивом знаний, и возникла идея – пусть каждый человек сам определяет, что ему изучать. Однако это, конечно, тоже не решает данную проблему. Третий подход нацелен, прежде всего, на профессиональные знания, в основном скрытые, эффективное управление приобретением которых позволяет обеспечить прирост производительности труда. Но прямолинейное следование этой парадигме может привести к проблемам с освоением специалистами наиболее важных научных знаний и, соответственно, к снижению темпов общего научного развития.

Для оптимизации управления усвоением знаний оптимальным путем, с одной стороны, была бы ориентация на научное ядро явных знаний, как это происходило в научной парадигме, а с другой – уделение значительного внимания усвоению профессиональных, в том числе скрытых, знаний через использование профессиональной парадигмы и профессиональных стандартов. Должны также использоваться и позитивные элементы гуманитарной парадигмы. Важно соблюсти оптимальное сочетание всех трех парадигм.

Таблица 2.5. Сравнение трех парадигм образования

Критерии	«Знаниевая» парадигма	«Гуманитарная» парадигма	«Профессиональная» парадигма
Основная цель образования	Подготовка подрастающего поколения к жизни и труду	Обеспечение условий самоопределения и самореализации личности	Повышение производительности труда специалистов
Прототип для образования	Академическая наука	Творчество, самоопределение и самореализации личности	Профессиональная деятельность
Знания	Из прошлого «школа памяти»	Из будущего, «школа мышления»	Для действия сейчас, «школа действия»
Человек	Простая система	Сложная система	Средняя сложность
Широта знаний и навыков	В основном знания и навыки базовых отраслей науки и производства	Обучающийся сам определяет необходимый набор приобретаемых знаний и навыков	Широкий спектр профессий с конкретным набором знаний, умений и компетенций
Образование	Передача ученику базовых, известных образцов знаний, умений и навыков	Создание человеком образа мира в себе самом посредством активного полагания себя в мир предметной, социальной и духовной культуры	Передача человеку конкретных компетенций, знаний и умений для профессиональной деятельности

2.3.3. Внедрение профессиональных стандартов

Использование профессиональных стандартов имеет достаточно длительную историю, однако в современном виде одними из первых были созданы стандарты требований к дженерал-менеджерам, которые были разработаны Британской организацией Management Charter Initiative, или сокращенно MCI (Эм-Си-Ай). В частности, для менеджеров младшего и среднего уровня эти стандарты назывались соответственно MCI-1 и MCI-2. Блоки и элементы профессионального стандарта компетентности (MCI-2) для менеджеров среднего звена приведены в работе¹⁴⁹. По сути, это горизонтальные компетенции – для менеджеров одного уровня. Данные компетенции были выявлены по результатам исследования состава функций, выполняемых менеджерами различных отраслей в Великобритании.

Отметим, что внедрение данных профессиональных стандартов было связано с использованием так называемого компетентностного подхода¹⁵⁰, который также пришел в Россию с программами The Open University в 1992 году. В настоящее время этот подход широко внедрен в российское образование на уровне федеральных государственных образовательных стандартов, хотя и со значительным изменением первоначального смысла этого подхода, который был нацелен именно на детальное описание комплекса знаний и навыков обучаемых, необходимых для конкретной профессиональной деятельности. При этом, прежде всего, имелись в виду компетенции одного профессионального уровня.

Не менее важно понимать, какие уровни компетенции есть по вертикали – для менеджеров различного уровня.

Одним из прототипов вертикальной классификации является образовательная таксономия Блума¹⁵¹, принятая в США, которая связана с умениями и навыками в области, касающейся обучения и знаний, и включает в себя несколько уровней: знание, понимание, применение, анализ, синтез и оценка.

Но таксономия Блума хорошо подходит для использования в познавательной, учебной деятельности, а не в профессиональной или учебно-профессиональной. В работе В.Д. Орехова¹⁵² была предложена таксономия уровней интеллектуальной деятельности, которая базируется на том, что основные виды деятельности менеджера связаны с получением, преобразованием и передачей информации. Данная таксономия представлена в левом столбце табл. 2.6.

В работе R. Barro¹⁵³ показано, что существует зависимость между ВВП стран и средним уровнем образования населения страны в годах, причем эта зависимость экспоненциальная, то есть очень сильная.

¹⁴⁹ См. [1].

¹⁵⁰ Щенников С.А. Открытое дистанционное образование. – М.: Наука, 2002.

¹⁵¹ Bloom, B.S. Taxonomy of educational objectives. The classification of educational Goals, Handbook: Cognitive Domain, New York, 1956.

¹⁵² Орехов В.Д. Особенности корпоративного обучения менеджеров // Управление персоналом. 2002, №5. <http://www.ou-link.ru/pub/2002mp05.html>

¹⁵³ См. [103].

В монографии В.Д. Орехова¹⁵⁴ показано, что зависимость между вкладом специалиста в ВВП страны J_E (в междунар. долл. 2010 года) и числом лет его обучения E также экспоненциальная

$$J_E = K_E \cdot 10^{0.25E}. \quad (2.3)$$

Поскольку величина вклада в ВВП очень сильно зависит от числа лет обучения, то есть от уровня квалификации специалиста, то ясно, что было бы более правильно оценивать именно квалификацию, а не число лет обучения, хотя для приближенной оценки такой подход и приемлем. Тем не менее разработки в области создания систем оценивания вертикальной компетентности специалистов являются очень полезными в связи с перспективой их использования для прогноза роста ВВП стран и мира в целом.

В России разработана Национальная рамка квалификаций РФ – НРК, которая «является инструментом сопряжения сфер труда и образования и представляет собой обобщенное описание квалификационных уровней, признаваемых на общегосударственном уровне, и основных путей их достижения на территории России. НРК разработана на основании Соглашения о взаимодействии Министерства образования и науки РФ и Российского союза промышленников и предпринимателей с учетом опыта построения Европейской рамки квалификаций, национальных рамок стран-участниц Болонского и Копенгагенского процессов». На базе НРК были разработаны «Уровни квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов»¹⁵⁵.

Таблица 2.6. Подходы к оценке уровней квалификации

№	Таксономия уровней интеллектуальной деятельности	Уровни квалификаций для профессиональных стандартов (широта полномочий и ответственность)	Европейская рамка квалификаций (компетенции)
1.	<i>Данные:</i> умение механистически отображать информацию или сведения о происходящих событиях	Выполнение стандартных заданий, использование элементарных знаний	Работа или обучение под непосредственным руководством в структурированной среде
2.	<i>Информация:</i> упорядоченное, полное отображение знаний и явлений	Выбор способа действий по инструкции, применение специальных знаний	Работа или обучение под руководством с некоторой степенью автономии
3.	<i>Знание:</i> умение воспринимать, запоминать и владеть знаниями, в том числе выявлять, распознавать, свойства и отношения концепций, теорий, идей, реальных явлений и систем	Выбор способа действий на основе знаний и практического опыта, понимание основ решения типовых практических задач	Ответственность за выполнение заданий в процессе трудовой деятельности или обучения. Адаптация собственного поведения к обстоятельствам, возникающим при решении задач
4.	<i>Навыки и умения:</i> умение овладевать и воспроизводить	Планирование своей и групповой деятельности	Осуществление саморегуляции в соответствии

¹⁵⁴ См. [1].

¹⁵⁵ См. [147].

	известные способы деятельности – правила, инструкции, описания действий, алгоритмы, стандартные методы принятия решений и т.д.	сти, решение практических задач, понимание научно-технических и методических основ решения задач	с инструкциями в условиях трудовой деятельности или обучения, которые, как правило, являются предсказуемыми, но подвержены изменениям. Руководство типовой деятельностью других людей, принятие ответственности за оценку и совершенствование трудовой деятельности или обучения
5.	<i>Понимание</i> : умение применять концепции и теории к типовым задачам, воспроизводить модели явлений, анализировать, выявлять недостатки и совершенствовать алгоритмы и простые системы по стандартным правилам; умение репродуцировать	Участие в управлении решением поставленных задач в рамках подразделения, элементы проектирования, применение профессиональных знаний	Осуществление менеджмента и руководства в области трудовой деятельности или обучения в условиях непредсказуемых изменений. Анализ и совершенствование собственной деятельности и деятельности других
6.	<i>Творчество</i> : умение творить, создавать, синтезировать, принимать решения, проектировать, планировать изменения объективной реальности в нестандартных, проблемных ситуациях	Определение задач собственной работы, обеспечение взаимодействия сотрудников, управление их профессиональной деятельностью	Управление сложной технической или профессиональной деятельностью, или проектами, ответственность за принятие решений в непредсказуемых условиях трудовой деятельности или обучения. Принятие ответственности за управление профессиональным развитием отдельных людей и групп
7.	<i>Реализация</i> : умение управлять на практике реализацией планов и проектов, создавать будущее в условиях значительной неопределенности (продуктивность)	Определение стратегии, управление процессами и деятельностью, разработка новых методов и технологий, создание новых знаний прикладного характера	Управление и преобразование контекстов трудовой деятельности или обучения, которые являются сложными, непредсказуемыми и требуют новых стратегических подходов. Принятие ответственности за вклад в профессиональные знания и практическую деятельность и/или за оценку стратегической деятельности команд
8.	<i>Развитие</i> : умение выявлять и корректировать неадекватные ментальные модели (рефлексия) на основе сопоставления реального и	Определение стратегии, управление процессами на уровне крупных организаций, решение исследовательских задач,	Демонстрация значительных полномочий, инновационности, автономии, научной и профессиональной цельности, а так-

	планируемого хода событий с привлечением своего опыта, новых данных и результатов дискуссий с другими специалистами	создание новых знаний междисциплинарного характера	же устойчивой приверженности разработке новых идей или процессов в передовых областях трудовой деятельности или обучения, включая исследования
9.	<i>Видение</i> : умение мыслить стратегически на уровне изменения целей и культуры, управлять поведением больших систем, снимать проблемы в самом их начале развития	Определение стратегии, управление большими техническими системами, решение наиболее сложных исследовательских задач, создание фундаментальных знаний	
10.	<i>Провидение</i> : умение устранять саму возможность возникновения серьезных проблем, предвидеть, менять «правила игры»		

В табл. 2.6 приведено также сравнение требований к компетенциям специалистов нескольких уровней согласно различным квалификационным рамкам.

Здесь использованы:

- Таксономия уровней интеллектуальной деятельности 2002 г.¹⁵⁶.
- Уровни квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов (широта полномочий и ответственность), Россия, 2013 г.¹⁵⁷.
- Европейская рамка квалификаций (компетенции), 2008 г.

Видно, что все эти три системы уровней квалификации достаточно удовлетворительно согласованы. Все они ориентированы на 8–10 уровней квалификации, то есть примерно на одно количество. При этом Европейская рамка обрывается на восьмом уровне и не обозначает значительных компетенций на стратегическом уровне.

Таксономия же уровней интеллектуальной деятельности, наоборот, вводит десятый уровень «Провидение», который лишь намечает перспективу потенциального роста компетенции свыше существующих уровней возможностей индивидуума. Интересно, что в последнее время авторами была обнаружена возможность резкого увеличения производительности групп специалистов при командной синергетической работе.

Рассмотрим приведенные вертикальные квалификационные рамки более детально. Так, на близком к минимальному втором уровне (табл. 2.6) мы заметим примерно одинаковые формулировки в разных системах квалификации.

Пятый уровень уже соответствует управленческой квалификации и представлен в разных системах квалификации, как показано в соответствующей

¹⁵⁶ См. [152].

¹⁵⁷ См. [147].

графе табл. 2.6. Видно, что второй и третий подходы нацелены на описание управленческой квалификации уровня менеджера младшего или несколько более высокого звена. Третий подход не нацелен непосредственно на управление, но также описывает интеллектуальную деятельность достаточно высокого, предтворческого уровня. Несмотря на некоторое различие, можно утверждать, что это примерно один уровень интеллектуальной деятельности.

Восьмой уровень во всех трех системах описывает деятельность высокого управленческого или интеллектуального уровня (табл. 2.6). Таким образом, разные квалификационные рамки подобным образом характеризуют квалификацию специалистов, хотя и имеются отличия в их назначении.

Тенденция создания вертикальных квалификационных рамок, получившая в последнее время развитие, в том числе, за счет создания Национальной квалификационной рамки России, безусловно, будет подхвачена и другими крупнейшими экономиками мира, поэтому продолжение разработок в данной области, не только на уровне создания качественных стандартов, но и путем их научного осмысления, имеет очень большое значение.

Поскольку процесс создания вертикальных квалификационных рамок будет продолжаться, то полезно наметить пути такого развития. Следует отметить, что в настоящее время все страны мира основную часть новых технологий приобретают за рубежом, поскольку ни одна страна мира не имеет абсолютно доминирующей роли в научном развитии. Даже США могут претендовать лишь на 20% вклада в научный прогресс, а остальное им приходится получать из-за рубежа. Для России доля внутренних разработок составляет порядка 3%.

Таким образом, важнейшую роль в квалификации специалистов играет их умение знакомиться с идеями, разработками и технологиями мировой науки и внедрять их у себя в стране. В Великобритании такая компетентность даже получила специальное название – *creative swiping* (творческое заимствование). Именно эти способности объясняют экспоненциальную зависимость (1.21) вклада специалистов от их квалификации¹⁵⁸. Можно предположить, что со временем в вертикальные квалификационные рамки войдут и показатели, характеризующие данную важнейшую способность, в частности способность к коммуникации с использованием иностранных языков.

Разработка систем оценивания вертикального уровня компетенции специалистов может привести к созданию более эффективных методов оценки человеческого капитала, которые будут учитывать не только формальные образовательные и управленческие характеристики специалиста, но и его реальную интеллектуальную капитализацию.

Уровни квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов в России разработаны для дальнейшего создания широкой базы профессиональных стандартов. Авторами данной монографии был разработан ряд

¹⁵⁸ Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий // Проблемы экономики и юридической практики. 2017, № 2. С.77–81.

профессиональных стандартов для индустрии детства, в частности, «Специалист по технологическому обеспечению производства товаров и услуг для детей» (Государственный контракт Министерства труда и социальной защиты РФ № 0195100000317000117-0440942-01 от 27.07.2017) и «Специалист по безопасности товаров и услуг для детей» (Государственный контракт № 0195100000317000118-0440942-01 от 27.07.2017).

Выводы

1. Показано, что внедрение в России системы профессиональных стандартов означает радикальное изменение парадигмы образования и смещает ее из разряда ориентированных на науку в ранг практико-ориентированных, профессиональных.
2. В реальности происходит спонтанный конфликт между тремя различными парадигмами: знаниевой, гуманитарной и профессиональной, что не может не привести к снижению качества образования, поскольку происходит дезориентация преподавателей, обучаемых и руководителей образования относительно целей образования.
3. Разработка систем оценивания вертикального уровня компетенции специалистов, получившая развитие, в том числе, и за счет создания Национальной квалификационной рамки России, может привести к созданию более эффективных методов оценки человеческого капитала, которые будут учитывать не только формальные образовательные и управленческие характеристики специалиста, но и его реальную интеллектуальную капитализацию.
4. Российская и Европейская квалификационные рамки указывают на важность управленческих и стратегических компетенций на высших уровнях квалификации во всех видах деятельности, что не поддерживается образовательными стандартами. Компетенции в области цифровых технологий отсутствуют в современных квалификационных рамках.

2.4. Современные тенденции формирования человеческого капитала на основе трансформации системы профессионального образования¹⁵⁹

Введение

Актуальность исследования современных тенденций формирования человеческого капитала на основе трансформации системы профессионального образования обусловлена, с одной стороны, появлением новых запросов со стороны общества на квалифицированные кадры, с другой, – изменившимися условиями реализации профессиональных образовательных программ. Авторами было проведено исследование, целью которого является обобщение трансформации системы профессионального образования с позиции сложившейся парадигмы трансформации всей системы образования и формирования человеческого капитала. В данном исследовании комплексно применялись общенаучные методы, сопоставления, сравнения контент-анализа и системного анализа.

В результате проведенного исследования, было обосновано несколько общемировых направлений реализации парадигмы трансформации системы профессионального образования, в том числе связанные с изменением моделей поведения, привычек и предпочтений обучающихся, изменением целей обучения в высшей школе, изменением в технологиях обучения, в том числе повсеместный переход на онлайн-технологии.

В Российской Федерации можно выделить еще одно направление – создание и развитие национальной системы профессиональных квалификаций с целью повышения конкурентоспособности российской экономики. Материалы исследования могут быть использованы специалистами образовательных организаций системы высшего, дополнительного профессионального и послевузовского образования.

В современных условиях трансформации всех форм развития социально-экономических систем и процессов вследствие общемировых процессов глобализации и информатизации общества меняется и система профессионального образования. Переход к информационному обществу с цифровой экономикой, т.е. экономикой, основанной на знаниях и использовании информационных технологий, предполагает изменение требований к разработке и реализации профессиональных образовательных программ¹⁶⁰.

Многие авторы отмечают важность наполнения специализированных дисциплин профессиональных образовательных программ инновационным содер-

¹⁵⁹ Результаты, представленные в данном разделе, опубликованы в работе Larionova A.A., Zaitseva N.A., Anoshina Y.F., Gaidarenko L.V., Ostroukhov V.M. The modern paradigm of transforming the vocational education system. *Astra Salvensis*. 2018. № 6, p. 436-448.

¹⁶⁰ Мухаметзянова Г.В., Читалин Н.А. Научное обеспечение модернизации профессионального образования: Отчет о научно-исследовательской работе учреждения РАО «Институт педагогики и психологии профессионального образования» за 2010 год // – Казанский педагогический журнал. – 2011. № 2, – С. 9.

жанием; внедрением индивидуально-типологического маршрута; совершенствованием информационно-технического обеспечения образовательного процесса, необходимого для формирования профессиональных навыков¹⁶¹.

Б.Н. Герасимов¹⁶² основное внимание в вопросах трансформации системы профессионального образования уделяет интенсивным видам образовательных технологий, среди которых он выделяет три основные формы: неимманентные образовательные технологии (применение активных методов проведения лекционных занятий за счет сочетания теоретического материала с практическими примерами, представленными в виде аудио- и видеоматериалов); имманентные образовательные технологии (игровые технологии: деловые игры, инсценировки, игровые поисково-аппробационные игры) и неигровые методы (кейс-технологии, баскет-метод, метод производственных задач); мыследеятельностные образовательные технологии, в том числе организационные и организационно-деятельностные игры, проблемно-деловые игры.

По мнению А.А. Степанова, М.В. Савиной и И.А. Степанова¹⁶³, современная система профессионального образования должна быть нацелена на подготовку руководителей и специалистов, способных владеть технологиями предвидения, выработки, принятия и эффективной реализации нестандартных, нетрадиционных или же оригинальных не копируемых решений. Это возможно только в условиях перехода от парадигмы информационно-воспроизводственного подхода в профессиональном образовании к креативно-авторизованному подходу.

На государственном уровне в Российской Федерации современная парадигма трансформации системы профессионального образования направлена на решение задач модернизации системы профессионального образования, достижение качественных изменений в подготовке студентов, организацию центров опережающей профессиональной переподготовки и повышения квалификации для уже работающих граждан¹⁶⁴.

Несмотря на разные оценки сущности современной парадигмы трансформации системы профессионального образования, очевидно, что можно выделить определенные общемировые и национальные направления реализации парадигмы трансформации системы профессионального образования, изучению которых было посвящено данное исследование.

¹⁶¹ Красикова Е. Н. Кейс-метод как дидактическое средство в условиях профессиональной подготовки в вузе // – Вестник Ставропольского государственного университета. Серия: Педагогические науки. – 2007. – № 53. – С. 57.

¹⁶² Герасимов Б.Н. Интенсивные образовательные технологии. Монография. – Самара. – Академия социальных технологий и местного самоуправления. – 2009, С. 29.

¹⁶³ Степанов А.А., Савина М.В., Степанов И.А. Становление парадигмы креативно-авторизованного образования управленческих кадров в инновационной экономике. В сборнике: Актуальные проблемы учета, анализа и аудита в социальной сфере. 2016. – М.: – «Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД России», – С. 361.

¹⁶⁴ Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 01.03.2018.
– URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_291976/ (Дата обращения 09.03.2020).

2.4.1. Методика исследования

Основным подходом в исследовании современных тенденций формирования человеческого капитала на основе трансформации системы профессионального образования стал системный подход, дающий возможность изучить проблему в логической взаимосвязи. Активно использовался сравнительный анализ, основанный на сопоставлении результатов контент-анализа нормативно-правовых документов в сфере национальной системы профессиональных квалификаций, результатов социологических исследований, рейтингов образовательных организаций, анализ научно-теоретических и практических работ, посвященных вопросам модернизации и реформирования системы профессионального образования.

2.4.2. Изменение моделей поведения, привычек и предпочтений студентов и слушателей учебных программ

Проведенное авторское исследование позволило выявить несколько основных аспектов современной парадигмы трансформации системы профессионального образования в части моделей поведения, привычек и предпочтений обучающихся на профессиональных образовательных программах.

Во-первых, можно выделить уникальную, впервые возникшую в истории человечества, ситуацию, когда молодое поколение в ряде случаев больше знает по некоторым вопросам, чем старшее поколение, в частности в вопросах, касающихся цифровой грамотности и сетевого бытия. Обучение сейчас идет в обратном порядке и принципиально отличается от того, что было ранее, т.к. вся наша культура построена на том, что предшествующее поколение передает свой опыт следующему. Молодое поколение обладает более высоким уровнем цифровой грамотности, но при этом не обладает технологиями по передаче этих знаний, а старшее поколение обладает знаниями технологий обучения, но не успевает, в ряде случаев, обучаться происходящим изменениям в различных предметных областях знаний.

Во-вторых, необходимо отметить очень высокую степень информационной насыщенности жизни в современном обществе¹⁶⁵, вследствие чего обучающиеся перегружены информацией, они часто отвлекаются, не задерживают долго свое внимание на каких-либо объектах.

В современном обществе люди (и обучающиеся в том числе) часто отвлекаются, в том числе на различные гаджеты. Например, результаты исследований свидетельствуют о том, что они разблокируют экраны смартфонов в среднем 9 раз за час, смотрят видео продолжительностью не более 4 минут. Переходя с сайта на сайт, они не задерживают свое внимание более чем на 5-10 секунд.

¹⁶⁵ Tasova N. K. New Approaches in Design and Vocational Education: Impact of the Internet Design Education and Digitalize, Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2013. – № 106. – P. 1908.

В-третьих, нельзя не отметить очень высокую доступность обучения, в том числе в различных форматах. Образование сейчас мгновенно доступно всегда и везде, как в формате онлайн, так и офлайн. Обучение адаптировано под экраны компьютеров, планшетов, смартфонов.

По данным EdMarket Research, уже сейчас 70% компаний используют онлайн-обучение вкупе с офлайн обучением. Дистанционные форматы внедряют не только представители крупного и среднего бизнеса, но и организации численностью менее 100 человек.¹⁶⁶

В России объем рынка онлайн-образования в 2018 году, по данным АТОЛ (крупнейшей компании по разработке, производству и дистрибуции оборудования и программного обеспечения для автоматизации предприятий сферы услуг), составил 21 млрд руб., в 2021 г. значение этого показателя, как ожидается, вырастет до 53,3 млрд руб.¹⁶⁷

Особенно активно переход на онлайн-обучение происходил в первой половине 2020 года в связи с переходом многих стран на дистанционное обучение в период самоизоляции населения из-за пандемии.

2.4.3. Изменение целей профессионального образования

Следствием высокого динамизма социально-экономических процессов во всех сферах современного общества становится изменчивость целей профессионального образования. И здесь также авторами исследования было выявлено несколько основных аспектов современной парадигмы трансформации системы профессионального образования в части целей профессионального образования.

Во-первых, необходимо отметить высокую неопределенность индивидуальных стратегических целей обучения. Идея о том, что до 21 года можно научиться всему, что необходимо знать для работы в какой-либо должности, и дальше достаточно время от времени проходить краткосрочное обучение по отдельным вопросам, в современных условиях выглядит совершенно утопичной. Современный подход в профессиональном образовании – это обучение в течение всей жизни новым технологиям в рамках существующей профессии, смежным профессиям (формирование специалиста по модели «универсальный солдат»), получение новой профессии в совершенно другой сфере (2-4 карьеры за жизнь)¹⁶⁸.

Во-вторых, во всем мире отмечается смещение акцентов в подготовке кадров в системе высшего и дополнительного профессионального образования от формирования профессиональных компетенций к личностным компетенциям, связанным с коммуникационными навыками.

¹⁶⁶ Шикова Ю. Отсидеться не получится: как оценить эффективность онлайн-курсов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pro.rbc.ru/news/5dd73f939a7947d36b1b453e> (дата обращения: 12.03.2020).

¹⁶⁷ Дудников К. Знания по бартеру: какие проблемы рынка решит пиринговое обучение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pro.rbc.ru/news/5ce7d0b59a7947867f20c457> (дата обращения: 10.04.2020).

¹⁶⁸ Sorikhina V.P. Integration of the Students in Research Activities: Formulation of the Problem. Contemporary Problems of Social Work. – 2015. – № 1 (3). – P. 49.

Многие исследователи^{169, 170, 171} в области перспектив развития профессионального образования стали выдвигать тезис о том, что современная система образования должна строиться таким образом, чтобы человек в этой системе обрел уверенность и готовность к изменениям, стал менее зависимым от фактов и специализированных (узких) знаний, научился развиваться вместе с технологиями.

Если взять опыт Советского Союза, то в нем также решалась задача всестороннего развития специалиста с высшим образованием. В связи с этим можно привести слова ректора Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова В. Садовниченко о том, что «мы сделали много ошибок в реформах образования и многое упустили. Как маятник, из одного крайнего положения мечемся в другое. Мы потеряли фундаментальность нашего образования, его заменили понятием "компетенций". Мы всегда были сильны тем, что учили студента не запоминать и не каким-то компетенциям, а размышлять, думать, доказывать, сомневаться, преодолевать. Тогда он и становится ученым или специалистом».

В-третьих, многие исследования подтверждают, что в современном обществе умение коммуницировать, организовывать и поддерживать совместную работу становится важнейшим условием успешности карьеры не только руководителей, но и рядовых сотрудников. От человека в будущем все больше будет требоваться умение коммуницировать с другими людьми, создавать и поддерживать отношения, организовывать людей. На первый план выходят менеджерские качества по поддержанию совместной работы. Причем эти качества будут важны не только руководителям, но и рядовым сотрудникам.

В-четвертых, меняются цели, стоящие перед образовательными организациями разных типов. Например, в российском университетском образовании выстроена следующая линейка вузов: 10 федеральных, 29 национально-исследовательских, 33 опорных вуза. Кроме того, есть два университета с особым статусом – Московский и Санкт-Петербургский.

По мнению ректора Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова Виктора Садовниченко, «у Университета есть три миссии: академическая, научная и общественная. Университет – это скрепа общества и науки, он должен служить обществу, региону»¹⁷². Однако, по мнению авторов статьи, реализовываться эти миссии должны по-разному.

Представляется целесообразным закрепить за Московским и Санкт-Петербургским университетами, в сотрудничестве с другими ведущими федеральными университетами и под руководством Федеральных учебно-методических объединений по укрупненным группам специальностей и направ-

¹⁶⁹ Romanovtseva O.V. The Competence Approach in Education. - Contemporary Problems of Social Work. – 2016. – № 4(8). – P. 85.

¹⁷⁰ Gurban, I.A. Tarasyev, Jr. A.A. Global trends in education: Russia case study. – IFAC-Papers OnLine, – 2016, - № 49 (6), P. 189.

¹⁷¹ Kriemadis, T., Thomopoulou, I., Sioutou, A. Ideological function of deming theory in higher education: Emerging research and opportunities. – IGI Global. – 2017. DOI: 10.4018/978-1-5225-2265-2.

¹⁷² Ректор МГУ: «Мы заменили фундаментальное образование «компетенциями».
– URL: http://www.zavuch.ru/news/news_main/1279/ (Дата обращения: 10.03.2020).

лений подготовки, общее руководство методическим и научным обеспечением и сопровождением реализации примерных образовательных программ.

Опорные вузы в свою очередь должны решать вопросы комплексной подготовки кадров и проведения научных исследований в соответствии с потребностями соответствующих регионов. В российской системе высшего образования постоянно происходит обновление списка опорных вузов, в результате чего некоторые образовательные организации, которые не справились с задачами опорных вузов, покидают этот список, а другие в него входят. В результате таких изменений корректируется роль опорных вузов в регионах, в том числе и по видам профессиональных программ.

Практикоориентированные региональные вузы помимо решения конкретных задач, поставленных локальными рынками труда, могут оказать большую помощь в формировании банка данных оценочных средств, конкретных кейсов, позволяющих оценить уровень профессиональных компетенций студентов и выпускников вузов.

2.4.4. Изменение технологий обучения, используемых в рамках профессиональных образовательных программ

Авторами исследования было выявлено несколько основных аспектов современной парадигмы трансформации системы профессионального образования в части совершенствования технологий обучения, используемых в рамках профессиональных образовательных программ.

Во-первых, важно отметить изменения в технологиях использования дистанционного образования. На сегодняшний день практически в каждом университете, входящем в ведущие рейтинги вузов, присутствует возможность дистанционного обучения. Для этого используются различные формы организации дистанционного обучения: чат-занятия; веб-занятия; телеконференции; различные формы телеприсутствия и так далее. Чаще всего дистанционное обучение в российских вузах проходит в формате видео-лекции без обратной связи, которую все заинтересовавшиеся могут скачать и посмотреть, когда им удобно. После этого у них есть возможность задать вопросы лектору в форуме или блоге. Или же используется формат лекции с возможностью демонстрации слайдов, когда у слушателей есть возможность задавать вопросы лектору в чате и получать на них достаточно оперативные ответы.

Во-вторых, в последние годы широкое распространение получили геймифицированные обучающие программы, в том числе в корпоративном обучении. Не только в системе высшего образования, но и в корпоративном обучении в настоящее время большим спросом у разработчиков обучающих программ пользуются офлайн-варианты геймификации, а именно бизнес-игры, которые моделируют реальность. В тренде большие игровые поля, яркая графика и запоминающиеся персонажи. Например, крупнейший российский банк – Сбербанк для своего корпоративного университета разработал компьютерные бизнес-симуляции не только для сотрудников, но и для партнеров.

2.4.5. Особенности современной парадигмы трансформации системы профессионального образования в Российской Федерации

Система подготовки кадров в каждой стране должна быть нацелена по повышению конкурентоспособности национальной экономики, каждая страна по-разному достигает данную цель. В Российской Федерации для этого создана национальная система профессиональных квалификаций, одним из направлений которой является изменение системы профессионального образования и последующей оценки выпускников профессиональных образовательных программ.

С целью создания координирующего органа национальной системы профессиональных квалификаций Указом Президента Российской Федерации от 16.04.2014 г. № 249 был образован Национальный совет при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям (НСПК). В свою очередь решениями НСПК за период с 2014 года было создано 28 Советов по профессиональным квалификациям.

Приказом Минтруда России было разработано примерное положение о Совете по профессиональным квалификациям, в соответствии с которым Совет по профессиональным квалификациям - орган управления, создаваемый на базе общероссийских и иных объединений работодателей, ассоциаций (союзов) и иных организаций, представляющих и (или) объединяющих профессиональные сообщества, комплексно осуществляющих свою профессиональную деятельность на территориях не менее половины субъектов Российской Федерации и (или) представляющих более пятидесяти процентов работников, занятых определенным видом профессиональной деятельности¹⁷³. Советы по профессиональным квалификациям являются ответственными организациями по разработке (в большинстве случаев) и применению профессиональных стандартов по виду профессиональной деятельности, соответствующему профилю Совета по профессиональным квалификациям.

В настоящее время в России профессиональный стандарт представляет собой многофункциональный документ, раскрывающий с позиций сферы труда, объединений работодателей и/или профессиональных сообществ в рамках определенного вида профессиональной деятельности его цель и содержание через обобщенные трудовые функции, трудовые функции, трудовые действия, место в системе уровней квалификации, требования к образованию и обучению, опыту практической работы, необходимым знаниям и умениям работника.

С целью обеспечения информационной поддержки населения были созданы электронные ресурсы, позволяющие получить информацию о профессиональных

¹⁷³ Приказ Минтруда России от 19 декабря 2016 г. № 758н «Об утверждении примерного положения о Совете по профессиональным квалификациям и порядка наделения Совета по профессиональным квалификациям».

стандартах и других элементах национальной системы профессиональных квалификаций:

- Профессиональные стандарты. Программно-аппаратный комплекс. (<http://profstandart.rosmintrud.ru/site-map/>).
- Справочник профессий (<http://spravochnik.rosmintrud.ru/about>).
- Реестр сведений о проведении независимой оценки квалификаций. Раздел «Профессиональные квалификации» (<http://nok-nark.ru/pk/list/>).

Все это должно способствовать изменению самой парадигмы подготовки квалифицированных кадров – от определения целей профессионального образования, представленных в профессиональных стандартах, до разработки федеральных образовательных стандартов на основе учета требований профессиональных стандартов, и последующей независимой оценки выпускников системы профессионального образования со стороны профессионального сообщества в создаваемых сейчас Центрах оценки квалификаций.

Выводы

1. Происходит смещение акцента в профессиональном образовании от формирования профессиональных компетенций к личностным компетенциям, связанным прежде всего с коммуникационными навыками, умением работать в команде, вести проектную деятельность, готовностью к постоянным изменениям, умению обучаться новому в течение всей жизни.
2. Во всем мире, и в Российской Федерации в частности, актуальна цель формирования человеческого капитала на основе модернизации и реформирования всей системы подготовки кадров в условиях интеграции усилий работодателей и образовательного сообщества. Для этого, с одной стороны, меняется вся система разработки профессиональных образовательных программ – в ней повышается роль профессиональных сообществ и местных работодателей, как заказчиков на подготовку кадров. Для этого, например, в Российской Федерации создаются центры опережающей подготовки кадров с учетом региональных особенностей рынка труда.
3. Во всем мире организации системы профессионального образования все активнее переходят на использование индивидуальных траекторий развития и технологий обучения, позволяющих развивать готовность населения к изменениям, к творческому поиску, обучению работе в команде в условиях развития цифровой экономики.

2.5. Закономерности трудовой деятельности коллективов в области R&D: факторы и резервы повышения производительности труда¹⁷⁴

Введение

Сегодня, впрочем как и ранее, государственные деятели, эксперты, руководители считают необходимым повысить эффективность труда на российских предприятиях. «Повышение производительности труда – одна из стратегических целей России: Президент России В.В. Путин поставил цель повысить производительность к 2018 году в 1.5 раза относительно уровня 2011 года (Указ № 596 от 7 мая 2012 года)»^{175, 176}.

Однако повышение производительности труда за счет внедрения новых технологий, реструктуризации и модернизации производства – не только российская задача (зависимость производительности труда в России от инновационной активности организаций подтверждается статистически¹⁷⁷). Она актуальна и для развитых стран, и глубинной причиной здесь является то, что в результате демографического перехода сокращается численность населения, а резервы повышения производительности за счет роста образования работников уже на пределе.

В высокотехнологичных отраслях, связанных с научными исследованиями и разработками (R&D), задача повышения общей эффективности особенно актуальна, поскольку отставание технологий в территориально-отраслевом промышленном комплексе России от развитых экономик мира составляет порядка 10–20 лет.

В данной книге объектом исследования выступил проектно-конструкторский персонал российского производственного предприятия. Предмет исследования – новый подход к повышению производительности труда R&D-специалистов за счет синергетического эффекта командной деятельности, который базируется на применении авторами известных моделей и инструментов:

- человеческого капитала¹⁷⁸,
- образовательной экспоненты¹⁷⁹,
- создания команд^{180, 181, 182, 183, 184},

¹⁷⁴ Основные результаты опубликованы в работе: Причина О.С., Орехов В.Д., Есипова Э.Ю. Закономерности трудовой деятельности коллективов в области R&D: факторы и резервы повышения производительности труда // Социальная политика и социология. 2017. Т. 16 № 6, С. 25-35.

¹⁷⁵ Производительность труда в России – итоги, планы, перспективы. Портал «Управление производством». 2016. URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/putin-chemezov.html

¹⁷⁶ Россия должна увеличивать производительность труда на 5-6% ежегодно. Портал «Бизнес и власть», 2017. URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/itogi-plan-2017.html

¹⁷⁷ Есипова Э.Ю. Роль мотивации в инновационном развитии конструкторских бюро. М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015.

¹⁷⁸ См. [101].

¹⁷⁹ См. [158].

- развития инноваций¹⁸⁵,
- психологического тестирования персонала^{186, 187},
- системного подхода¹⁸⁸.

2.5.1. Модель эффективности труда R&D-команд

Ранее авторы, рассмотрев теоретические¹⁸⁹ и практические основы повышения эффективности труда R&D-команд, предложили на данной основе модель, важнейшие положения которой заключаются следующем:

1. Мировое богатство в настоящее время более чем на 80% формируется человеческим капиталом (глава 3), и эта доля продолжает расти.
2. Вклад специалиста в ВВП страны, в зависимости от количества лет его обучения (Е), выражается экспоненциальной функцией (2.2), которую будем называть далее – «образовательная экспонента» (раздел 2.2):
3. Каждый год образования увеличивает вклад специалиста в ВВП страны примерно на 58%, что на порядок больше, чем вклад в доходы компании, в которой он работает.
4. Большая часть положительного результата от образования через экстерналии преобразуется в стратегический инновационный капитал участников отрасли инновационных услуг.
5. Получателями положительного эффекта от внедрения технологий кроме компании-инноватора являются: его потребители, поставщики, сеть распределения, последователи, R&D-сообщество и общество (рис. 2.10).
6. Важнейшими функциями специалистов по передовым технологиям (R&D) являются получение новых знаний и технологий от мирового сообщества, применение их к решению практических задач и вывод инновационных продуктов на мировой рынок.
7. Эффективность работы команд R&D-специалистов за счет синергетического эффекта и действия образовательной экспоненты, базирующихся на использовании разнообразных талантов сотрудников, может на порядок превышать эффективность отдельных людей.
8. Существуют значительные сложности организации синергетической работы команд специалистов по передовым технологиям¹⁹⁰, проявляющиеся в дест-

¹⁸⁰ Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу. 2-е изд. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2009. 238 с.

¹⁸¹ Лапыгин Ю.Н. Управленческая команда. М.: Эксмо, 2007. 270 с.

¹⁸² Fenton-O'Creevy, M. (1998) 'Employee involvement and the middle manager: evidence from a survey of organisations', *Journal of Organisational Behaviour*, 19(1), pp. 67-84.

¹⁸³ Whetten D.A., Cameron K.S. *Developing Management skills*. Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall. 8th ed. 2011.

¹⁸⁴ Woodcock M. *Team Development Manual*. Farnborough: Gower Press, 1979.

¹⁸⁵ См. [64].

¹⁸⁶ Большая энциклопедия психологических тестов, М.: Эксмо. 2006. 416 с.

¹⁸⁷ Хайдж М. Оценка управленческой эффективности команды. HR по-русски, 2017. URL: <http://hr-elearning.ru/ocenka-upravlencheskoy-yeffektivnosti-komandy/>

¹⁸⁸ Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. – СПб.: Бизнес-пресса, 2000.

¹⁸⁹ См. [158].

руктивных дебатах, сложности принятия решений, несогласованности действий и т.д.

9. Формирование команд R&D-специалистов, которые добиваются высоких результатов, основывается на минимизации числа лиц с развитым критическим мышлением, высокой агрессивностью и претендующих на доминирующие позиции в коллективе¹⁹¹.

Ментальная карта приведенного выше перечня факторов, влияющих на эффективность работы R&D-специалистов, приведена на рис. 2.10.

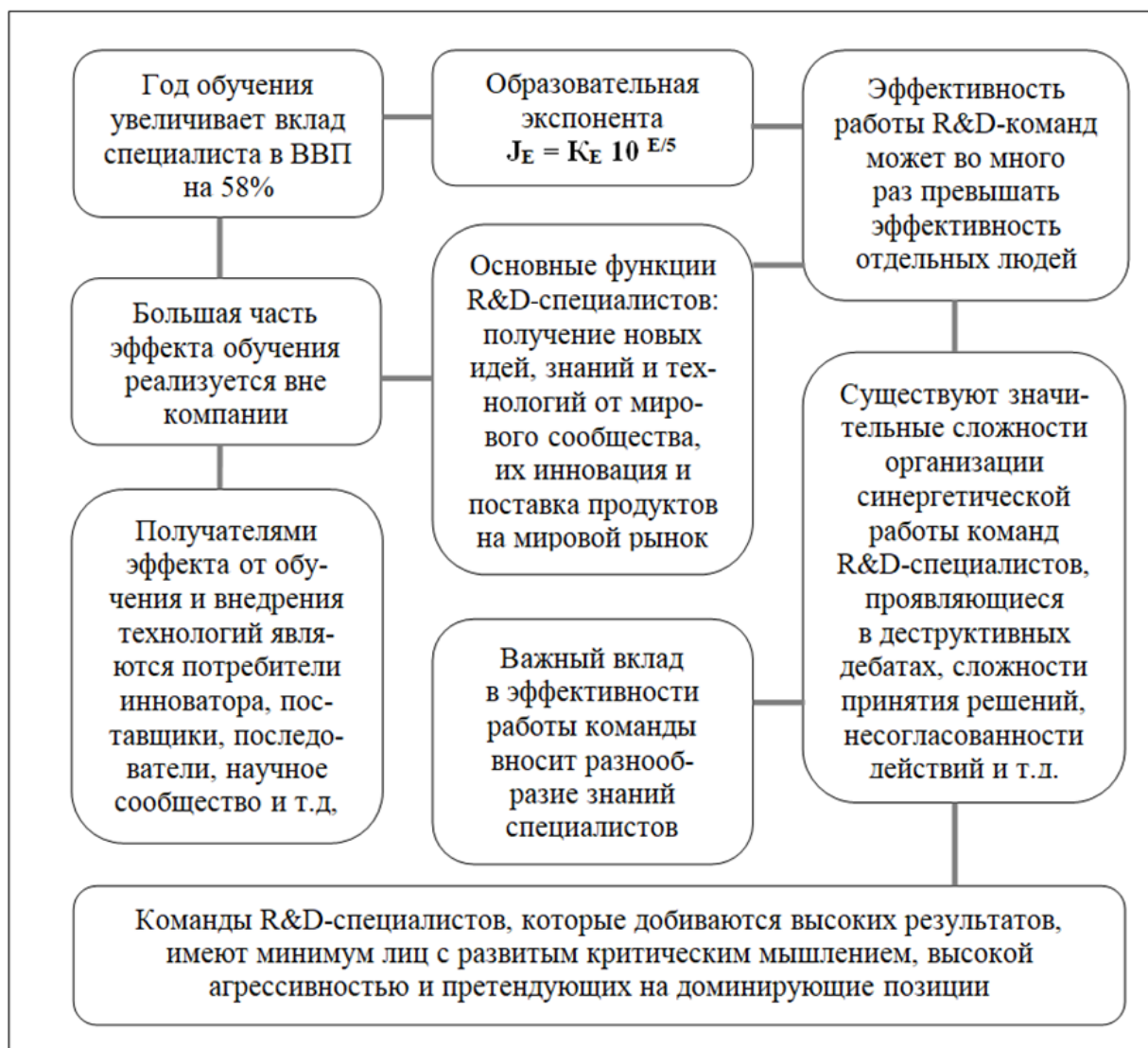


Рис. 2.10. Ментальная карта факторов эффективности работы R&D-команд

¹⁹⁰ См. [158].

¹⁹¹ Там же.

2.5.2. Метод исследования эффективности работы R&D-команд

Целью данной работы является исследование возможностей резкого увеличения эффективности работы научных или проектных команд за счет синергетического эффекта.

Оценивание эффективности работы команд менеджеров широко используется на практике^{192, 193}, однако оценка труда разработчиков продуктов вызывает трудности, связанные с творческой составляющей этого труда¹⁹⁴. В данной монографии используются показатели, специально адаптированные для оценки эффективности R&D-групп в соответствии с функциями и факторами, представленными на рис. 2.10.

Как видно из рассмотренной выше модели (рис. 2.10), для высокой эффективности R&D-деятельности члены команды должны обладать следующими способностями:

1. Высоким уровнем образования, разнообразными знаниями специалистов;
2. Навыками бесконфликтной, синергетической командной работы;
3. Хорошими коммуникационными способностями, в том числе умением получать знания, идеи, технологии из зарубежных источников.

Например, относясь к деятельности, связанной с последней из отмеченных выше способностей, представители компании «Нижфарм» считают: «Нужно засылать как можно больше специалистов в передовые университеты и лаборатории, создавать условия для их возвращения, всемерно расширять интеграцию в мировую науку... Развивать специализированное обучение международному языку общения»¹⁹⁵.

Для более точного определения влияния выявленных факторов на эффективность работы R&D-команды, было предложено проводить анкетирование этих команд и анализировать взаимосвязи результатов их работы с совокупностью способностей. Такая анкета должна содержать следующие разделы:

- I. Группа и ее квалификация
- II. Входные ресурсы для работы команды
- III. Взаимоотношения в команде
- IV. Способности к коммуникации
- V. Результаты работы (выходы).

Аналогичные разделы используются в ряде опросников. В частности, «взаимоотношения в команде» рассматриваются в тесте М. Вудкока¹⁹⁶.

Наиболее сложный по надежности работы здесь раздел V «Результаты работы». В идеале результаты должны определяться надежным методом, не зави-

¹⁹² Тест Р.М. Белбина «Командные роли». URL: <http://psychok.net/testy/674-test-r-m-belbina-komandnye-rolj-klassifikatsiya-rolej-v-gruppe>

¹⁹³ Тест Вудкока. Оценка эффективности команды. HR-Portal. 2017. URL: <http://hr-portal.ru/tool/test-vudkoka-ocenka-effektivnosti-komandy>

¹⁹⁴ См. [186].

¹⁹⁵ Национальный доклад. Управление исследованиями и разработками в российских компаниях. М.: Ассоциация менеджеров, 2011. С. 69.

¹⁹⁶ См. [184].

сящим от мнения членов команды. Так, в работах Р.М. Белбина¹⁹⁷ результативность определялась правилами соревнования команд. Но такая ситуация достаточно искусственная и не характерна для реальной практики. В будущем можно проверить эффективность работы анкеты в условиях соревновательной борьбы команд, а в предлагаемой авторами анкете выходы определяются методом опроса участников команды с помощью определенной группы вопросов:

1. Насколько эффективно, по Вашему мнению, работает группа?
2. Есть ли проекты, которые, по мнению руководства, Вы выполнили отлично?
3. Есть ли проекты, которые Вы не выполнили в срок?
4. Участвовали ли Вы в работах, имеющих международную значимость?
5. Оцените уровень новизны выполненных работ за последние 1–2 года.

В раздел I «Группа и ее квалификация» вошли вопросы, характеризующие группу как единое целое (более детально вопросы данного раздела будут представлены ниже).

Назначение раздела II «Входные ресурсы» заключалось в идентификации условий, в которых работает команда, чтобы отделить внешние и внутренние факторы, влияющие на ее деятельность.

Основу раздела III «Взаимоотношения в команде» составляла группа вопросов, соответствующих подходу Белбина. В рамках разрабатываемой анкеты применение полного теста Белбина нежелательно из-за большого объема вопросов, поэтому был предложен сокращенный вариант. Респондентам был задан вопрос: «В какой мере в Вашей группе присутствуют специалисты, обладающие следующими профилями способностей» (состав вопросов данной анкеты будет представлен ниже).

Вторая группа вопросов раздела III соответствовала тесту «Признаки эффективной работы команды»¹⁹⁸. Респондентам предлагалось ответить на вопрос: «В какой мере атмосфере Вашей группе присущи следующие характеристики», путем выделения одного из ответов: есть, частично, нет, не знаю. Еще одна группа вопросов раздела III была нацелена на идентификацию признаков неэффективной работы команд. Также в состав данного раздела вошли вопросы по идентификации специалистов, создающих особый риск работе, и по оценке атмосферы в группе.

Раздел IV «Коммуникации» включал в себя следующие вопросы:

1. Есть ли в группе специалисты с хорошим знанием иностранных языков?
2. Есть ли в команде люди, знакомые с иностранными учеными?
3. Есть ли в команде участники, имеющие публикации Scopus, WoS?
4. Доступна ли Вам зарубежная литература по профилю Вашей работы?
5. Насколько тесно Вы связаны со специалистами своей организации?
6. Насколько тесно Вы связаны со специалистами других организаций России?

¹⁹⁷ См. [180].

¹⁹⁸ См. [193].

2.5.3. Результаты исследования эффективности работы групп

Рассматриваемый метод исследования был апробирован на одном из российских предприятий приборостроения. Были протестированы две группы работников продуктов численностью 4 (группа А) и 12 (группа В) человек. Некоторые результаты анкетирования приведены ниже.

Наиболее интересно исследовать работоспособность раздела «Результаты работы» (табл. 2.7). Для оценки каждого показателя эффективности была использована пятибалльная шкала, согласно которой наиболее позитивная работа группы оценивалась баллом «5», а наименее позитивная – «3».

Средний балл по группе определялся средневзвешенной суммой произведений числа ответивших в процентах на оценку по пятибалльной шкале. Сравнение оценок двух групп по различным показателям приведено в табл. 2.8.

Таблица 2.7. Оценки результатов работы групп

1	Насколько эффективно работает группа, по Вашему мнению	Доля ответов на вопросы в группе, %		Балл по шкале оценок
		А	В	
1.1	Очень эффективно	25	45	5
1.2	Средняя эффективность	75	55	4
1.3	Низкая эффективность	0	0	3
	Средний балл по группе	4.3	4.5	
2	Есть ли у Вас проекты, выполненные, по мнению руководства, отлично?			
2.1	Нет, у нас редко высоко оценивают	0	10	3
2.2	Есть, но немного	66	40	3.5
2.3	Несколько проектов получили высокую оценку руководства	33	30	4
2.4	Мы лидеры в организации, выполняем самые сложные проекты	0	20	5
	Средний балл по группе	3.6	3.9	
3	Есть ли проекты, которые Вы не выполнили в срок?			
3.1	Все в срок выполнять не удастся	75	36	3
3.2	Большинство проектов выполняем в срок	25	36	4
3.3	Почти все проекты выполняются в срок	0	27	4,5
	Средний балл по группе	3.3	3.7	
4	Участвовали ли Вы в работах, имеющих международную значимость?			
4.1	Нет	50	45	3
4.2	Есть одна	0	0	3,5
4.3	Участвовал в нескольких	50	45	4
4.4	Участвовал во многих	0	10	5
	Средний балл по группе	3.5	3.7	
5	Оцените уровень выполненных работ за последние два года			
5.1	Мы выполняли довольно рутинные работы	25	10	3
5.2	Работы выполнены на хорошем уровне, с изобретательностью	75	50	4
5.3	Работы выполнены на отличном уровне, много инновационных наработок	0	40	5
	Средний балл по группе	3.8	4.3	

Таблица 2.8. Итоговые оценки результатов работы двух групп

№	Показатель	А	В
1	Эффективность работы	4.3	4.5
2	Оценка руководством	3.6	3.9
3	Сроки выполнения	3.3	3.7
4	Международный уровень	3.5	3.7
5	Уровень новизны	3.8	4.3
	Среднее арифметическое	3.7	4.0
	Коэффициент вариации	10%	9%

Для того чтобы понять, насколько корректно использовать среднее арифметическое значение различных показателей, был определен коэффициент вариации (табл. 2.8). Видно, что его величина относительно невелика. Это означает, что различные показатели согласованно отражают одну характеристику эффективности работы группы. Такой результат позволяет рассчитывать на положительную возможность оценивания результата работы группы методом опроса ее членов.

Краткая характеристика групп по результатам опроса приведена в табл. 2.9. По оценке участников групп видно, что они работают достаточно дружно, имеют разнообразные знания и навыки, довольно продолжительный опыт участия в разработках, минимальный научный опыт и относительно недолго работают совместно.

Таблица 2.9. Характеристика групп

	Индикаторы характеристики группы	Группа А	Группа В
1	Можно ли сказать, что Ваша группа работает дружно?	4.5	4.4
2	Насколько разнообразны знания и навыки членов Вашей группы?	4.0	4.3
3	Ваш стаж в разработках, лет	7.5	4.0
4	Ваш научный стаж, лет	0.1	2.0
5	Сколько лет основное ядро Вашей группы работает совместно, лет	0.5	2.0

В табл. 2.10 приведены характеристики обеспечения групп различными входными ресурсами (ответ на вопрос: «В какой мере работа группы, как правило, обеспечена следующими ресурсами»). Средняя оценка условий работы не высокая (3.9 балла по 5-балльной шкале).

Таблица 2.10. Входные условия (ресурсы)

		Группа А	Группа В
1	Постановка задач четкая	3.9	3.8
2	Понятно, кто ключевой заказчик работы	5.0	4.3
3	Время на работу (проект) выделяется корректно	2.4	2.8
4	План работ согласован	4.3	4.0

5	Группа вполне укомплектована специалистами	3.1	4.2
6	Исходные данные для решения задач есть	3.1	3.8
7	Работа обеспечена помещениями и оборудованием	3.5	4.8
8	Материальное снабжение работ хорошее	3.5	3.7
9	Финансирование работ обеспечено	4.3	3.7
10	Нормативы, требования присутствуют	5.0	4.3
11	Необходимые договора заключены	3.9	4.3
12	Зарплата членов группы адекватная	3.9	2.8
13	Ясно, как будут решаться возникающие проблемы	2.8	3.8
14	Понятны возможные риски и пути их устранения	3.5	3.4
15	Поддержка руководства обеспечена	4.6	4.3
16	Соисполнители назначены и адекватны	3.1	4.3
17	Понятно, как будут оцениваться результаты работы	3.9	2.9
18	Ясно, где будут применяться результаты работ	5.0	4.3
	Среднее	3.8	3.9

Обобщенные результаты оценки эффективности R&D-коммуникаций в командах (табл. 2.11) свидетельствуют, что по данному блоку показателей группы имеют низкий уровень способностей.

Таблица 2.11. Эффективность R&D-коммуникаций

Индикаторы эффективности R&D-коммуникаций	А	В
Есть ли в группе специалисты с хорошим знанием иностранных языков	4.3	3.8
Есть ли в команде люди, знакомые с иностранными учеными	2.3	3.2
Есть ли в команде участники, имеющие публикации Scopus, WoS	2	2
Доступна ли Вам зарубежная литература по профилю Вашей работы	2.4	2.6
Тесно ли Вы связаны со специалистами других организаций России	3.8	3.2
Насколько тесно Вы связаны со специалистами своей организации	3.9	3.5
Средний балл по группе	3.1	3.1

Оценка двух групп в соответствии с тестом на присутствие в команде исполнителей ролей по Белбину¹⁹⁹ представлена в табл. 2.12. При вычислении средней оценки ответу «есть» присвоен балл 5, а ответу «частично» – 3.5.

Таблица 2.12. Оценка на наличие в команде исполнителей ролей по Белбину

	Профиль способностей	Группа А			Группа В		
		Есть	Частично	Средняя, %	Есть	Частично	Средняя, %
1	Разведчик	2	2	85	9	2	95
2	Мыслитель	2	2	85	7	4	89
3	Эксперт	4		100	9	2	95
4	Председатель	4		100	6	4	88
5	Исполнитель	2	2	85	7	4	89

¹⁹⁹ См. [180].

6	Формирователь	3	1	93	6	5	86
7	Коллективист	2	2	85	6	5	86
8	Специалист	4		100	7	4	89
9	Доводчик	4		100	10	2	95
10	Итого, %	3.0	1.0	93	7.4	3.6	90
11	Итого (5-бал.)			4.3			4.2

Видно, что в обеих группах большая часть ролей по Белбину реализуется участниками в значительной мере. При этом для группы А оценка несколько выше, но это может объясняться малым размером группы, что ведет к значительной погрешности при принятии того или иного ответа одним-двумя респондентами.

Средняя оценка взаимоотношений в командах (табл. 2.13) близка к оценке выполнения ролей по Белбину, причем для группы А она несколько выше, чем для группы В.

Таблица 2.13. Уровень взаимоотношений в командах

	Группа вопросов	Группа А	Группа В
1	Выполнение ролей по Р.М. Белбину	4.3	4.2
2	Атмосфера в команде	4.8	4.0
3	Признаки эффективной работы команды	4.4	4.1
4	Наличие признаков неэффективности	3.9	3.9
5	Специалисты, которые создают риск	4.3	4.7
	Средний балл по группе	4.3	4.2
	Коэффициент вариации	6.4%	6.9%

Сравнение суммарных характеристик работы групп (табл. 2.14) показывает, что в целом оценки характеристик достаточно согласованы (коэффициент вариации 12 и 13%). В оценках групп есть несущественные различия, однако полученные результаты не дают очевидного понимания их причин.

Применение предложенного метода опроса позволило выявить конкретные проблемные области в работе коллективов R&D (наиболее острой из них оказалась эффективность R&D-коммуникаций), совершенствование в которых должно привести к повышению производительности интеллектуального труда.

Решение выявленных проблем потребует управленческих действий в области развития персонала, а также обеспечения условий работы сотрудников.

Таблица 2.14. Суммарные характеристики работы групп

	Группа вопросов	Группа А	Группа В
1	Результаты работы групп	3.7	4.0
2	Входные ресурсы	3.8	3.9
3	Эффективность R&D-коммуникаций	3.1	3.1
4	Уровень взаимоотношений в командах	4.3	4.2
5	В том числе исполнение ролей по Белбину	4.3	4.2
	Средний балл по группе	3.8	3.9
	Коэффициент вариации	13%	12%

Усилия необходимо направить на следующие аспекты:

- улучшение коммуникативных навыков за счет обучения и подготовки соответствующей инфраструктуры,
- совершенствование подходов к планированию времени на выполнение проектов,
- формирование критериев оценки результатов и информирования о них сотрудников.

2.5.4. Обсуждение

Данное исследование является продолжением предыдущих работ, в которых было обнаружено явление образовательной экспоненты²⁰⁰. Для того чтобы продемонстрировать действие этого явления на практике деятельности научных команд, необходимо провести достаточно массовые исследования.

Известные тесты, как правило, не учитывают специфики деятельности R&D-команд, поэтому потребовалась адаптация существующих методик к условиям данной конкретной задачи. Апробация теста показала, что по большинству позиций его заполнение не вызывает затруднений у респондентов.

Наработка более широкого опыта и сравнение полученных в будущем результатов с отзывами высшего руководства предприятий позволят убедительно подтвердить адекватность предлагаемого метода. Из-за относительно невысокой самооценки результатов работы опрошенных групп обнаружить эффект синергетической командной деятельности не удалось.

Выводы

1. По мнению авторов, анализу эффекта синергетической деятельности отдельного научного производственного коллектива в высокотехнологичных отраслях – предмету проведенного исследования – в настоящее время не уделяется должного внимания.
2. Неизбежным следствием отсутствия четкого представления об устойчивой взаимосвязи эффективности производственного процесса и работы команды R&D-специалистов является отставание технологий в территориально-отраслевом промышленном комплексе России от развитых экономик мира.
3. Проведенное теоретико-эмпирическое исследование позволяет решать задачи экономики труда и кадрового менеджмента по повышению эффективности работы команд, выполняющих научную деятельность, и открывает новые возможности в области управления человеческими ресурсами по разработке методических основ формирования на предприятии научных проектных команд.

²⁰⁰ См. [1].

Глава 3. Прогнозирование динамики технологических революций

3.1. Новые закономерности динамики технологических революций и экспоненциальной эволюции²⁰¹

Последний мировой экономический кризис сделал крайне актуальным вопрос о причинах возникновения таких кризисов и об их связи с промышленными революциями. Характерно, что разные авторитетные авторы выделяют различное количество крупнейших промышленных революций и видят различные причины их возникновения^{202, 203, 204, 205, 206, 207}. В результате возникает терминологическая неоднозначность в понимании этих важных для экономики явлений.

Данная ситуация осложняется тем, что после того, как промышленная революция свершилась, может происходить экспоненциальный рост показателей, характеризующих эту революцию и, в результате, каждое следующее эволюционное достижение может выглядеть как новая революция.

Точная идентификация направленности промышленных революций важна для экономики, поскольку дает ориентиры изобретателям, инноваторам, инвесторам и законодателям в их деятельности по промышленному развитию. Отсутствие таких ориентиров приводит к задержке темпов роста соответствующей технологии, стагнации общественного развития и потерям, исчисляющимся многими триллионами долларов. Представляется, что такая ситуация наблюдается в течение последнего десятилетия после кризиса 2008 года, что и делает особенно актуальным понимание истоков соответствующей технологической революции.

Система знания человечества не развивается с одинаковой скоростью во всех дисциплинарных областях, а делает рывки именно в тех направлениях, для развития которых созрели условия, и которые дают наибольшую пользу человечеству именно в это время. Так, сейчас мы получаем максимальный рост благ от информационных технологий, ранее пользовались успехами научно-технической революции, еще раньше – промышленной и так далее.

²⁰¹ Основные результаты опубликованы в работах: Причина О.С., Орехов В.Д., Горшенин В.П. Проблемы экономики и юридической практики. М., Юр-БАК. 2017, № 6. С. 43–48.

Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

²⁰² Alvin Toffler. The Third Wave. Londo: Pan Books Ltd, 1981.

²⁰³ Rifkin J. The Third Industrial Revolution How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World. New York: Palgrave Macmillan, 2011. 291 pp.

²⁰⁴ Schwab K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2016, 192 p. (Рус. пер.: Шваб К. Четвертая промышленная революция. – «Эксмо», 2017)

²⁰⁵ Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. 1925. Т. I, вып. 1.

²⁰⁶ Tateisi K. The Eternal Venture Spirit: An Executive's Practical Philosophy. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1989. (Рус. пер. Татеиси К. Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена. М.: Московский бизнес, 1990).

²⁰⁷ Schumpeter J. A. A Theorist's Comment on the Current Business Cycle // Journal of the American Statistical Association. 1935. Vol. 30 (189).

Именно в области технологической революции развитие науки и производства идет наиболее быстрыми темпами, что характеризуется и наивысшей производительностью труда. Данный раздел посвящен исследованию системы и динамики технологических революций как важнейших факторов, влияющих на экономику труда страны.

3.1.1. Обзор прогнозов технологических революций

В работе американского социолога Элвина Тоффлера²⁰⁸, (1981), провозглашен переход к третьей технологической революции. На смену первой волне (аграрной цивилизации, возникшей 10 000 лет назад) и второй (индустриальная цивилизация, появившаяся в результате промышленных революций) приходит третья – сверхиндустрия, производительными силами которой будут знания и информация. Датой начала третьей волны Тоффлер считает 1956 год, когда в США «белые воротнички» и служащие численно превзошли заводских рабочих с «голубыми воротничками». По мнению Тоффлера, экономическим костяком третьей волны будут электроника и ЭВМ, космическое производство, использование глубин океана и биоиндустрия.

Влиятельный американский экономист и эколог Джереми Рифкин также говорит о третьей промышленной революции. Приоритетной задачей ЕС, по его словам, «должно стать лидерство в третьей промышленной революции»²⁰⁹, поскольку «в июле 2008 г. глобальная экономика остановилась. Это экономическое потрясение возвестило о начале конца эры ископаемого топлива». Вторая промышленная революция, считает Рифкин, – это сочетание электроснабжения, энергетики на базе нефти и автомобилизации. Новую экономическую эру может сформировать создание коммуникационно-энергетической инфраструктуры. Европарламент одобрил декларацию о третьей промышленной революции 14 мая 2007 года. План третьей промышленной революции Рифкин представил в мае 2011 г. в обращении к 50-й конференции OECD в Париже, где присутствовали главы государств и министры 34 стран-участниц.

Однако экономический форум в Давосе в 2015 году прошел под лозунгом «Четвертая промышленная революция»²¹⁰. По мнению швейцарского экономиста Клауса Мартина Шваба, в центре третьей революции находилась электроника и информационные технологии, автоматизировавшие производство. Началась она в середине прошлого века. По его мнению, первая промышленная революция продолжалась в развитых странах почти до конца XIX века, вторая произошла в начале XX века. Теперь заявлено о новой «революционной ситуации» – немецкой концепции «Индустрия 4». Четвертая промышленная революция как бы выходит из третьей. Она характеризуется слиянием технологий и стиранием граней между физическими, цифровыми и биологическими сферами. Драйвером

²⁰⁸ См. [202].

²⁰⁹ См. [203].

²¹⁰ См. [204].

очередной технологической революции, как это видят немецкие промышленники, будет «интеграция киберфизических систем» (рис. 3.1)²¹¹.

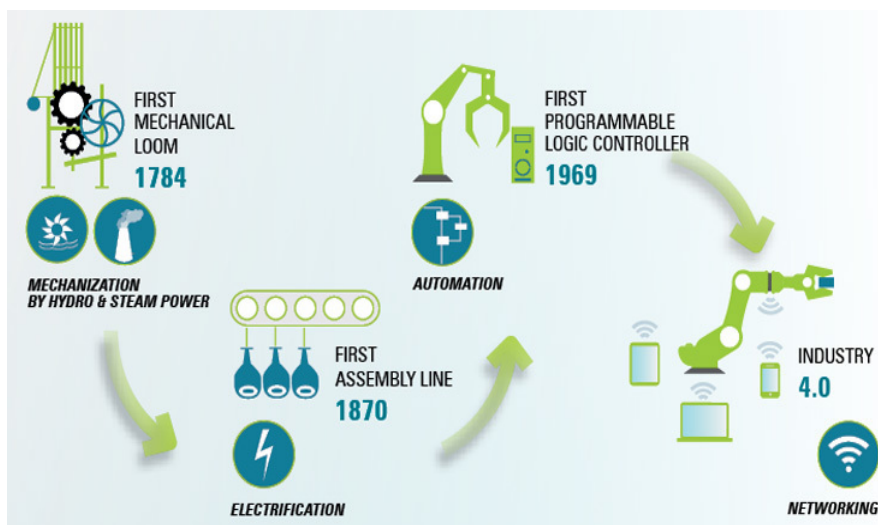


Рис. 3.1. Место Индустрии 4.0 в череде технологических революций

В своей работе Шваб отмечает три технологических мегатренда, выделенных экспертным сообществом: физический, цифровой и биологический. К первому относится беспилотный транспорт, 3D-печать, робототехника и новые материалы. Во втором блоке выделяются сетевые платформы, упрощающие контакты и сделки между людьми, а также интернетизация вещей. Именно эти два мегатренда и составляют основу «киберфизических» систем. В то же время биологический мегатренд рассматривается Швабом относительно ограниченно.

На закономерность циклического развития экономики одним из первых указал Н.Д. Кондратьев²¹², который выявил длинноволновые циклы экономической деятельности продолжительностью примерно в 50 лет. Считается, что в основе эндогенного механизма волн Кондратьева находится циклическая замена основных капитальных благ, в частности, периодичность длинных волн определяется средним сроком жизни производственных инфраструктурных сооружений.

Йозеф Шумпетер^{213, 214} развил учение Н.Д. Кондратьева и разработал *инновационную* теорию длинных волн. Он считал, что главной движущей силой экономического развития являются научно-технические инновации. Й.А. Шумпетер писал, что «когда какая-либо инновация внедряется в промышленность, происходит "вихрь созидательного разрушения", подрывающий равновесие прежней экономической системы. Он вызывает уход старых технологий и орга-

²¹¹ Велленсик М. Индустрия 4.0. Доклад на международной научно-практической конференции «Технологические вызовы и управленческие решения». гор. Ульяновск, 20-21 октября 2016.

²¹² См. [205].

²¹³ См. [207].

²¹⁴ Schumpeter J. A. Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. McGraw-Hill Book Company, , Inc. 1939, 461 pp.

низационных структур и возникновение новых отраслей и институциональных возможностей. В результате этого происходит очень быстрое экономическое развитие»²¹⁵.

В отличие от Н.Д. Кондратьева и Шумпетера²¹⁶, такие авторы, как Р. Курцвел²¹⁷, В. Виндж²¹⁸, С.П. Капица²¹⁹, К. Татеиси²²⁰ и другие, считают, что революционные изменения в истории человечества происходят, ускоряясь со временем по мере приближения к точке условной технологической сингулярности, которая соответствует примерно 2025 году.

Согласно хронологии, приведенной в курсе археологии Фачинни^{221, 222}, весь путь развития человека от раннего антропогенеза до предвидимого будущего имеет вид, представленный в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Эпохи человечества в логарифмической шкале времени

№	Дата	Культурный период	История, технология, культура
13	2050	Стабилизация населения	Изменение возрастного распределения
12	2005	Демографический переход	Урбанизация, глобализация
11	1960		Настоящее время, компьютеры
10	1840	Новейшая история	Электричество, мировые войны
9	1500	Новая история	Промышленная революция, книгопечатание
8	500 н.э.	Средние века	Географические открытия, падение Рима
7	2000 д.н.э.	Древний мир	Греческая цивилизация
6	9000	Неолит	Письменность, города, сельское хозяйство
5	29000	Мезолит	Бронза, керамика, микролиты
4	80000	Мустье	Заселение Америки, шаманы
3	220 000	Ашель	Хомо сапиенс, язык, огонь
2	0,6 млн.	Шелль	Заселение Европы и Азии, рубила, речь
1	1.6 млн.	Олдувай	Галечная культура, Homo Habilis
0	4.5 млн.	Антропогенез	Отделение Гоминидов от Гоминоидов

Весьма интересным выглядит прогноз Кадзума Татеиси, главы корпорации «Омрон». Около 1970 года он разработал теорию SINIC (Seed-Innovation to Need-Impetus Cyclic Evolution), согласно которой с древних времен до наших дней

²¹⁵ Цит. по кн.: Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. – М.: ИСПИ РАН, 2012. С. 38.

http://socmodel.com/sites/socmodel.com/files/books/WorldDynamics_part1.pdf

²¹⁶ См. [207].

²¹⁷ Kurzweil R. The Singularity Is Near. N. Y.: Viking, 2005.

²¹⁸ Vinge V. The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era". Whole Earth Review, 1993.

²¹⁹ См. [12].

²²⁰ См. [206].

²²¹ Facchini F. Le origini l'uomo. Introduzione alla paleoantropologia/ Pref. di Y. Coppens. Milano: JACA Book, 1993.

²²² Капица С. П. Математическая модель роста населения мира // Мат. модел. 1992. Т. 4, №6.

в истории человечества произошло десять главных инновационных сдвигов. Согласно Татеиси, революции следуют в ускоряющемся темпе по времени (табл. 3.2)²²³.

Таблица 3.2. Стадии развития общества по К. Татеиси

Время, лет	Революция	Общество
100 000 до н.э.		Первобытное
12 000 до н.э.		Коллективное
700 н.э.		Аграрное
1302		Ремесленническое
1765	1-я промышленная	Промышленное
1876	2-я промышленная	Механизации
1945	Научно-техническая	Автоматизации
1974	Кибернетическая	Кибернетики
2005	Биотехнологическая	Оптимизации
2025	Психокинетики	Автономное

Предсказанная Татеиси 45 лет назад революция, которую он предполагал биотехнологической, состоялась с точностью в 2-3 года, если считать датой революции точку явного проявления кризиса. Для долговременных прогнозов такая точность (~5%) может считаться очень высокой.

Важно также, что в отличие от представленных выше авторов Татеиси делает свои прогнозы на основе анализа жизненного цикла различных технологий, которые в период зарождения растут *экспоненциально*²²⁴.

Татеиси возглавлял одну из ведущих корпораций в сфере автоматики (кибернетики), объем продаж которой с 1955 по 1970 год увеличивался на 30–55% ежегодно. По его мнению, такой рост возможен только, если «оседлать мегатенденцию». Несмотря на то, что в своей таблице он устанавливает датой Кибернетической революции 1974 год, он пишет, что первый период быстрого роста корпорации «Омрон» продолжался с 1955 по 1970 год, а с 1983 года начался второй период быстрого развития, который по темпам роста и продолжительности может превзойти первый. Эти 15 лет он называет «золотой эрой кибернетики и информатики», а с 2005 года ведущим мегатрендом, согласно его теории SINIC, должна стать биотехнология.

J. Attali также отмечает десять инновационных сдвигов в течение новой эры, которые происходили по мере развития рыночных отношений, ускоряясь по времени. Однако каким будет содержание очередной революции, как видно по разнообразию прогнозов, до сих пор не ясно. Ситуация «зависла» более чем на 10 лет и научно обоснованных выводов по данному поводу явно не хватает. Вместе с тем страны, которые точно определяют вектор будущих технологических изменений, получают огромное конкурентное преимущество и возможность вы-

²²³ См. [206].

²²⁴ См. [206].

рваться вперед в своем развитии. Размер приза будет составлять десятки триллионов долларов.

Подводя результаты проведенного обзора представлений различных авторов о системе технологических революций, суммируем следующие итоги:

1. Различные авторы предсказывают наступление: третьей, четвертой, десятой и т.д. научной революции.
2. В качестве мегатренда последней революции выделяют: знание-информационный, коммуникационно-энергетический, киберфизический, биоиндустриальный и др. При этом одни утверждают, что революция характеризуется единым мегатрендом, а другие считают, что их может быть несколько единовременно.
3. Одни авторы считают, что революции следуют через равные промежутки времени, а другие – учащаясь во времени.
4. Одни считают, что ускорение следования революций ведет к технологической сингулярности, а другие – к последующему снижению темпов роста по типу S-образной (логистической) зависимости.
5. Ряд авторов соединяют революции в пары, близкие по содержанию.
6. Отмечается закономерное следование революций на протяжении тысяч лет.
7. В качестве причин закономерного следования революций отмечаются необходимость замены основных капитальных благ, технологические инновации и рост объема явных знаний человечества.

3.1.2. Содержание прошедших технологических революций

Предложенное выше деление технологических революций на два вида (основные и предвестники) требует проверки правомерности данного утверждения. С этой целью в табл. 3.3 приведены основные технические, технологические и организационные достижения, характеризующие рассматриваемые революции и последующие эпохи^{225, 226, 227}. Аналогичный перечень часто называют технологическим укладом, однако в данном случае рассматриваются не только технические достижения, но и те, что связаны с жизнесберегающими технологиями и распространением знаний.

При этом за даты соответствующих инноваций принято время, когда их использование находилось в стадии быстрого роста, вблизи точки перегиба логистической кривой (даты округлены до десятилетий). Поскольку для нас наиболее важны близкие к современности технологические сдвиги, ограничимся событиями, начинающимися с ремесленной революции. Для характеристики технологических достижений эпох по мере наличия соответствующих инноваций будем использовать следующие факторы: название революции, способ производства,

²²⁵ Bunch, B., Helleman, A. The history of science and technology. Houghton Mifflin company, Boston –New York, 2004. http://eknigi.org/nauchno_populjarnoe/138496-the-history-of-science-and-technology.html

²²⁶ Ошарин А.В., Ткачев А.В., Чепагина Н.И. История науки и техники: Учеб.-метод. пособие. – СПб., 2006. 143 с. http://www.gaudeamus.omskcity.com/PDF_library_humanitarian_15.html

²²⁷ Черный А.А. История техники: Учеб. пособие. Пенза, 2005. 189 с. http://www.gaudeamus.omskcity.com/PDF_library_humanitarian_15.html

ключевой фактор, двигатель, энергоноситель, транспортное средство, инструмент, материал, оружие, инноватор, метод лечения, технология передачи информации, метод обучения и др.

Из табл. 3.3 достаточно хорошо видно, что соответствующие указанным датам инновационные сдвиги по своему содержанию попарно связаны. Так, эпоха Возрождения 1530 – 1680 годов и последующий сдвиг 1680–1780 годов, связанный с возникновением классической науки, в значительной мере перекликаются содержательно, и оба они связаны со становлением науки.

Таблица 3.3. Инновации, характеризующие технологические эпохи

п	Годы	Технические, технологические и другие достижения
3	1330–1530	Ремесленная революция (проторенессанс): ремесленное производство, ручной труд, цеховая система, банк, ветряная мельница, полностью парусные суда, навигация, астролябия, медицинские инструменты, листовое стекло, арбалет, порох, артиллерия, изобретения Леонардо да Винчи, техника живописи, принципы перспективы, университет, открытие Америки
4	1530–1680	Возрождение: товарное производство, авторское и патентное право, географические открытия, гуманитарные науки, конный плуг, токарный станок, зеркало, огнестрельное ружье, аналитическая геометрия, таблица логарифмов, труды Н. Коперника, Г. Галилея, Й. Кеплера, Е. Торричелли, Ф. Парацельса, книгопечатание, возникновение мир-системы по Валлерстайну
5	1680–1780	Классическая наука: научный подход, телескоп, микроскоп, маятниковые часы, термометр, арифмометр, фрезерный станок, паровой двигатель, оружие с кремниевым затвором, дифференциальное исчисление, законы И. Ньютона, академия наук, научный журнал, педагогика
6	1780–1850	Первая промышленная революция (К1): мануфактурное производство, текстильная машина, жатка, энергия каменного угля и воды, транспортный канал, велосипед, монгольфьер, железо, ковкий чугун, «вольтов столб», нарезное оружие, стальное перо, печатная машинка
7	1850–1900	Вторая промышленная революция (К2): фабричное производство, системы машин, станки, машиностроение, угледобыча, черная металлургия, керосин, электрогенератор, электролампа, турбина, железнодорожный транспорт, пароход, бетон, телеграф, почтовая связь
8	1900–1935	Предвестник НТР (К3): автоматическое производство, электрический двигатель, двигатель внутреннего сгорания, электричество, бензин, сталь, тяжелое машиностроение, цветная металлургия, неорганическая химия, автомобиль, дирижабль, самолет, танк, автоматическое оружие, электронная лампа, обучение по переписке
9	1935–1960	Научно-техническая революция (К4): современная наука, серийное производство, конвейер, автоматика, дизельный двигатель, ТРД, авиация, нефтепродукты, органическая химия, пластмассы, сплавы, алюминий, рентген, радар, кондиционер, холодильник, телефон, телевидение, ЭВМ, транзистор, радиотехника, теория относительности, квантовая физика, ядерное оружие, спутник, СМИ, вакцины, антибиотики, заочное обучение
10	1960–1980	Предкибернетическая революция (постиндустриальная): инновационная экономика, преобладание сферы услуг, сетевое

		производство, демографический переход, возрождение развивающихся стран, резкий рост качества жизни людей, электроника, кибернетика, информатика, языки программирования, интегральные микросхемы, суперкомпьютер, ракетная техника, космические полеты, ядерная энергия, газ, синтетические волокна, пленки, сети супермаркетов, массовая культура, программированное обучение, деловые игры, мозговой штурм, ТРИЗ
11	1980–2010	Кибернетическая (информационная) революция (К5): информатизация, телекоммуникации, гибкое производство, фабрика услуг, газовая энергетика, персональный компьютер, Интернет, оптоволокно, микрочип, бытовая электроника, мобильная связь, лазер, светодиод, высокотемпературная сверхпроводимость, робототехника, спутник связи, спейс шаттл, космический телескоп, темная материя, бозоны Хигса, композитные материалы, кардиохирургия, томограф, платежные системы, Интернет-торговля, корпоративные информационные системы, поисковые машины, системы распознавания, секвенирование, анализ генома человека, ГМО, клонирование, дистанционное обучение, компьютерная грамотность
12	2010–2038	Предбиотехнологическая революция (К6): глобализация, генная инженерия, нанoeлектроника, нанотехнология, новая фармацевтика, биомедицина, имплантация, клеточные технологии, возобновляемая энергетика, сланцевый газ, наноматериалы, мультимедиа, 3D-печать, управление знаниями, элементы экономики знания, электронное обучение
13	2038 ...	Биотехнологическая революция: продление срока жизни людей до ~150 лет, лечение самых опасных болезней, регенерация органов, генно-модифицированные люди, первые бессмертные, возрождение вымерших животных, рождение детей в искусственной среде, мыслящие животные, телепатия, управление демографией, искусственный интеллект, квантовый компьютер, термоядерный реактор, биоэнергетика

Первая и вторая промышленные революции связаны со становлением промышленного производства, которое развивается на базе достижений предыдущих научных сдвигов и принципов механики. Хотя конкретные технологические достижения этих эпох и различаются, в них есть много общего.

Следующие два инновационных сдвига 1900–1935 и 1935–1960 годов связаны с научно-технической революцией. Их основная черта – автоматизация производства, широкое использование электроэнергии, массовое применение достижений науки в технике.

Далее следует пара инновационных сдвигов 1960–1980 и 1980–2010 годов, которые базируются на достижениях кибернетики, информационных технологий, микроэлектроники, компьютерной техники и т.д. По мнению Татеиси, сердцевиной этих революций являются технологии «трех К»²²⁸: компьютеры, коммуникации и контроль (управление). Вместе с тем реализуются и ряд радикальных инноваций НТР, особенно в первый из указанных периодов. Среди них следует отметить ядерную и ракетно-космическую технику.

²²⁸ См. [206].

Выделение этих двух эпох можно заметить в трудах авторов, которые отмечают, что на смену индустриальному обществу приходит постиндустриальное^{229, 230}. Оно в свою очередь заменяется информационным (кибернетическим) и далее – обществом знания²³¹. Однако термин "постиндустриальная" не характеризует движущие силы технологической революции, и в этом смысле содержательнее слово «предкибернетическая».

Следует отметить, что в литературе в качестве названия революции конца XX века значительно чаще употребляется термин «информационная», чем «кибернетическая». Однако ключевым действующим агентом этой революции является именно кибернетика, а информация существовала всегда, причем иногда отмечают, что данная революция является четвертой из числа информационных.

По поводу содержания последних технологических сдвигов 2010 – 2038 годов у разных авторов существуют различные мнения, однако в настоящее время наибольший объем публикаций в мире сосредоточен в областях, связанных с медициной и биотехнологиями^{232, 233}: медицина ~35%; биохимия, генетика, молекулярная биология ~13%; биология и сельское хозяйство ~5%; фармакология и токсикология ~4%; иммунология и микробиология ~3%. В этих областях наблюдается наибольший объем революционных достижений, но их использование еще не привело к реальному изменению жизни людей и экономики. Видимо, этого следует ожидать от следующего технологического сдвига, результаты которого можно лишь прогнозировать.

В то же время продолжается поток новых технических решений, являющихся результатом кибернетической революции. Значительных результатов, которые можно было бы отнести к НТР, относительно мало. Следует отметить, что все выявленные сдвиги-предвестники несут значительный объем инноваций, мало уступающий по количеству основному сдвигу. Однако результаты второго из пары сдвигов, как правило, более значимы для человечества, поскольку позволяют полностью реализовать потенциал революции.

3.1.3. Анализ дат технологических революций

Для определения математической зависимости, которой подчиняются даты начала технологических революций²³⁴, представим в виде таблицы даты всех важнейших инновационных сдвигов в течение последних 2000 лет, по данным различных авторов (см. табл. 3.4).

В предпоследней строке табл. 3.4^{235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245} приведено среднее значение даты **T(n)** по каждому столбцу с номером **n**, а в последней – период между революциями **ΔT(n)**.

²²⁹ Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.

²³⁰ Белл Д. Социальные рамки информационного общества. Новая технократическая волна на Западе. М.: Прогресс, 1986. С. 330–342.

²³¹ Миндели Л.Э., Пипия Л. К. Концептуальные аспекты формирования экономики знаний. // Проблемы прогнозирования. – 2007. – № 3.

²³² Главачева Ю.Н. SciVerse Scopus – продукт компании. Elsevier. 2013.
http://library.kpi.kharkov.ua/Prezent/2_scopus.pdf

²³³ Реферативная база данных Scopus. <http://www.elsevier.com/online-tools/scopus/content-overview#content-overview>

²³⁴ См. [1].

²³⁵ См. [204].

Таблица 3.4. Даты технологических революций

Автор	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Кондратьев Н.Д. ²⁴⁶					1789	1845	1898	1949		1985	2018	
Шумпетер Й.А. ²⁴⁷					1785	1845	1900	1950		1990	2020	
Глазьев С.Ю. ²⁴⁸					1770	1830	1880	1930	1970		2010	
Яковец Ю.В. ²⁴⁹	450	1350			1731					1973		
Татеиси К. ²⁵⁰	700	1302			1765		1876	1945	1955	1974	2005	2025
Панов А.Д. ²⁵¹	500		1500			1835		1950		1991		
Facchini F. ²⁵²	500		1500			1840			1960		2005	2050
Капица С.П. ²⁵³	500		1500			1840		1955		2000		2050
Schwab, К.М. ²⁵⁴					1784		1870		1956			2025
Молчанов А.В. ²⁵⁵	630	1325		1674		1848		1934		1978		
Орехов В.Д. ²⁵⁶	630	1325		1674		1848		1935		1978	2010	2040
Bunch, В., <i>et al.</i> ²⁵⁷	530		1453	1660	1735	1820	1895	1945		1972	2003	
Подлазов А.В. ²⁵⁸	250	1350			1770			1930		1990		
Bell D. ²⁵⁹									1961			
Среднее T(n)	521	1330	1488	1669	1766	1839	1887	1942	1960	1983	2010	2038
$\Delta T(n)$, лет		809	158	181	97	73	48	55	18	23	27	28

²³⁶ См. [205].²³⁷ См. [207].²³⁸ См. [12].²³⁹ См. [206].²⁴⁰ Глазьев С.Ю., Львов Д.С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Эконом. и мат. методы. 1986, № 5. С. 793-804.²⁴¹ Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. М., 1999. Таблица 9. <http://abuss.narod.ru/Biblio/jakovets.htm>²⁴² Молчанов А.В. Развитие теории С. П. Капицы. Гипотеза сети сознания // Наука и техника. 2009.²⁴³ Орехов В.Д. Инновационный процесс и его роль в развитии человечества // Матер. 2-й междунар. научн.-практ. конф.: Шумпетеровские чтения. Пермь, 2012. С. 85.²⁴⁴ См. [225].²⁴⁵ Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. М.: препр. ИПИМ им. Келдыша, 2000. http://www.keldysh.ru/papers/2000/prep73/prep2000_73.html²⁴⁶ Цит. по: Экономическая теория: Учеб. / Под ред. В.И. Видяпина и др. М., 2007. – С. 472.²⁴⁷ Цит. по: Агарков С.А., Кузнецова Е.С., Грязнова М.О. Инновационный менеджмент и государственная инновационная политика. – М., 2011. – Рис. 3.1. <http://www.monographies.ru/112-3768>²⁴⁸ Глазьев С.Ю., Львов Д.С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Эконом. и мат. методы. – 1986. – № 5. – С. 793-804.²⁴⁹ Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. – М., 1999. – Табл. 9. <http://abuss.narod.ru/Biblio/jakovets.htm>²⁵⁰ Татеиси К. Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена. – М., 1990. – С. 192.²⁵¹ Панов А.Д. Единство социально-биологической эволюции и предел ее ускорения. Историческая психология и социология истории. №2, 2008. – С. 35.²⁵² Facchini F. Le origini l'uomo. Introduzione alla paleoantropologia/ Pref. di Y. Coppens. Milano: JACA Book, 1993.²⁵³ Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 79.²⁵⁴ Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, 2017, 192 p.²⁵⁵ Молчанов А.В. Развитие теории С. П. Капицы. Гипотеза сети сознания // Око планеты. – 2009 // Естествознание. – 2009 // Наука и техника. – 2009. <http://oko-planet.su/science/scienceclassic/page,1,3371-a.v.-molchanov-razvitie-teorii-s.p.-kapicy.html>²⁵⁶ Орехов В.Д. Инновационный процесс и его роль в развитии человечества // Матер. 2-й междунар. научн.-практ. конф.: Шумпетеровские чтения. – Пермь, 2012. – С. 85. <http://www.sr.pstu.ru/files/SchumpeterianReadings2012.pdf>²⁵⁷ Bunch, В., Helleman, A. The history of science and technology. Houghton Mifflin company, Boston – New York, 2004. http://eknigi.org/nauchno_populjarnoe/138496-the-history-of-science-and-technology.html²⁵⁸ Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. – М., 2002.²⁵⁹ Bell, D. The coming of post-industrial society: A venture of social forecasting. N.Y.: Basic Books, 1973.

Видно, что в начале нашей эры промежутки между революциями достаточно большие, а затем они уменьшаются (рис. 3.2). После 1960 года промежутки между революциями $\Delta T(n)$ начинают медленно увеличиваться. Такая закономерность, скорее всего, связана с гиперболическим законом роста численности человечества (1.1) до 1960 года и гиперболическим темпом роста знания (1.16). С приближением к дате сингулярности T_s (примерно с 1960 года) происходит так называемый демографический переход, и рост числа людей становится более медленным, чем по гиперболе (1.1). При этом технологические революции также начинают происходить через большие периоды $\Delta T(n)$, чем в соответствии с геометрической прогрессией, члены которой, как видно на рис. 3.2, выражаются формулой

$$\Delta T(n) = \Delta T(n-1)/2^{0.5}. \quad (3.1)$$

Характерно, что знаменатель этой прогрессии равен $1/2^{0.5} \approx 0,707$, а за две революции период между революциями уменьшается вдвое. Для суммы членов прогрессии (3.1) имеем:

$$T(n) = A + B \cdot (1 - 2^{-n/2}). \quad (3.2)$$

Для определения коэффициентов **A** и **B** используем средние значения $T(n)$ из табл. 3.4 при $n = (3 \dots 11)$, а также метод среднеквадратичной аппроксимации. Величина $T(n = 4)$ является выпадающей, поэтому эта точка не используется. Для определения значений **A** и **B** используем метод градиентного спуска. В результате получим, что (с точностью до целых значений) **A** = 50, **B** = 1970, среднеквадратичное отклонение равно 7.4 (все величины в годах).

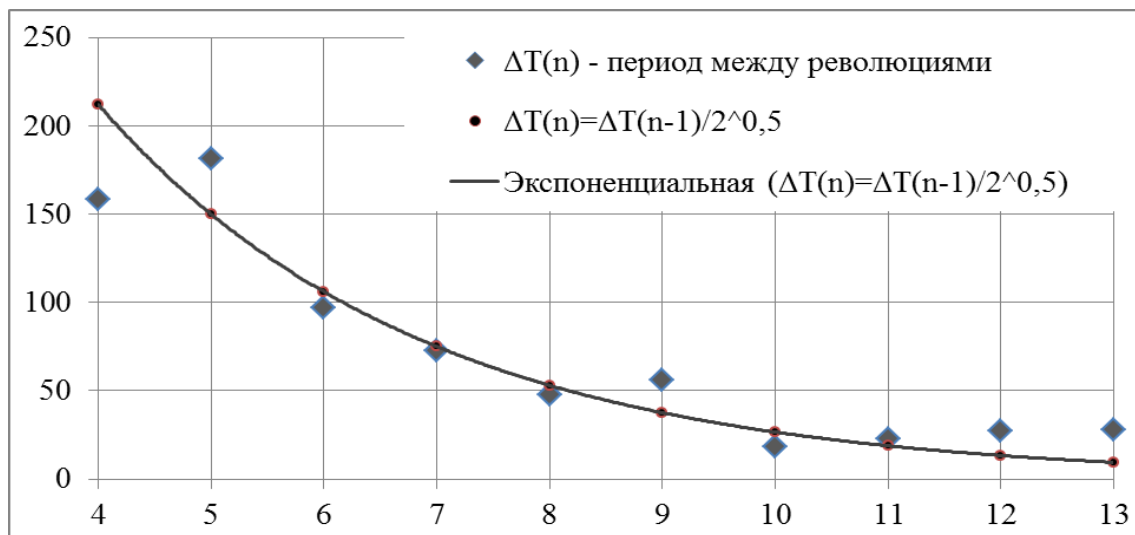


Рис. 3.2. Периоды между технологическими революциями

Если не отбрасывать точку $n = 4$, то **A** = 45, **B** = 1970, среднеквадратичное отклонение 14.7. Таким образом, формула (3.2) может быть представлена в виде

$$T_n = 50 + 1970(1 - 2^{-n/2}). \quad (3.3)$$

Средние значения дат технологических революций $T(n)$ из табл. 3.4, а также значения $T(n)$, рассчитанные по формуле (3.3), приведены в табл. 3.5 (нумерация революций в левой части таблицы несколько изменена).

Таблица 3.5. Даты технологических революций в новой эре

№ революции	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Среднее $T(n)$		521		1330	1488	1669	1766	1839	1887	1942	1960	1983
$T(n)$ по ф-ле (3.3)	50	627	1035	1323	1527	1671	1773	1845	1896	1932	1957	1975
Погрешность		106		-7	39	2	7	6	9	-10	-3	-8

Видно, что по сравнению с табл. 3.4, появились две дополнительные даты: 50-й и 1035-й годы, которые не были учтены в предыдущих работах. Остальные же даты революций достаточно хорошо аппроксимируются формулой (3.2) примерно до 1980 года. Характерно, что согласно формуле (3.2), при $n \rightarrow \infty$: $T_n \rightarrow 2020$ году, то есть стремится к дате, близкой к точке сингулярности. Здесь даты революций указаны с точностью до одного года. Однако ясно, что реальные технологические сдвиги происходят не точно в указанное время, и более корректно округлять их примерно до десятилетий.

3.1.4. Сочетание революций и экспоненциальной эволюции

Являются ли происходящие в современном обществе изменения технологической революцией или эволюцией? Изучение книги Шваба «Четвертая промышленная революция» вряд ли делает этот вопрос яснее. С одной стороны, предъявляется потенциал для относительно серьезных техно-социальных изменений, а с другой, в основе этих изменений лежит эволюционный процесс совершенствования кибернетической техники.

Закон Мура²⁶⁰, согласно которому удвоение числа транзисторов на микросхеме происходит примерно раз в полтора года, привел к увеличению производительности компьютерных устройств в миллиарды раз. Это произошло не только за счет экспоненциального роста количества элементов микросхем, но и в результате столь же быстрого увеличения скорости их работы.

²⁶⁰ Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. Electronics. 1965. April 19. Pp. 114–117.

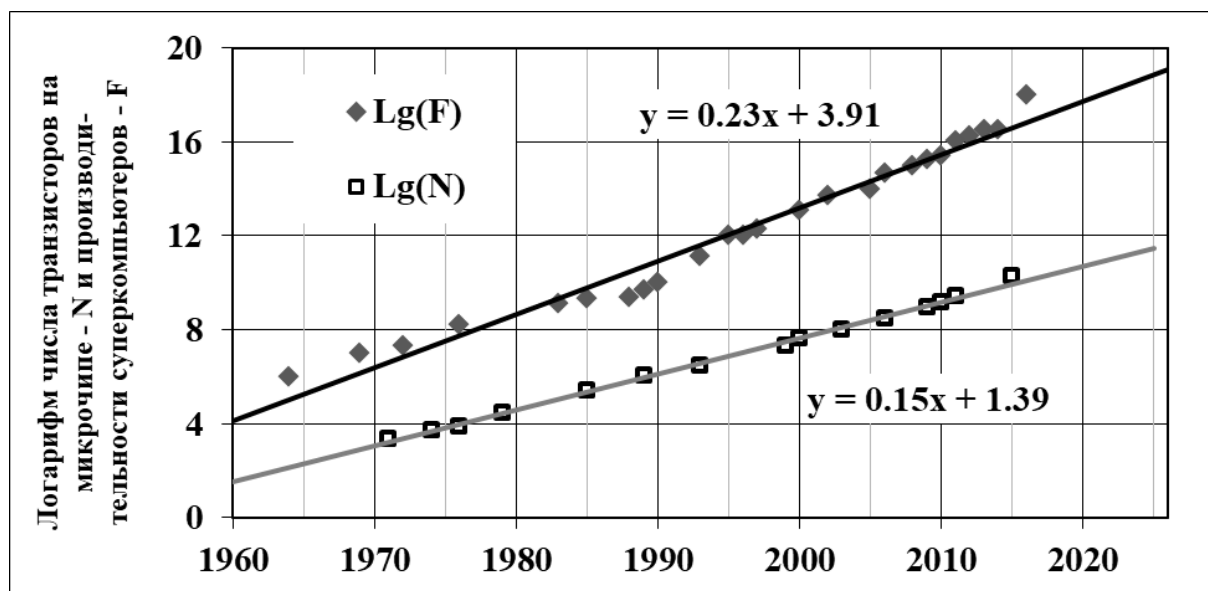


Рис. 3.3. Закон Мура и производительность суперкомпьютеров (в флопсах)

На рис. 3.3 в логарифмическом масштабе представлена динамика роста параметров микросхем и суперкомпьютеров до настоящего времени²⁶¹. Здесь N – число транзисторов на микросхеме, F – производительность суперкомпьютеров в флопсах.

На оси ординат приведен десятичный логарифм величин F , N ; $x = T - 1960$. Видно, что обе зависимости экспоненциальные (в логарифмической системе координат – линейные) и аппроксимируются формулами:

$$\text{Lg}(N) = 1.39 + 0.15(T - 1960) \quad (3.4)$$

$$\text{Lg}(F) = 3.91 + 0.23(T - 1960). \quad (3.5)$$

Принято считать революцией радикальное, резкое изменение в развитии. Но закон Мура характеризует эволюционное, непрерывное изменение производительности компьютерных систем в соответствии с одной закономерностью – экспонентой. С другой стороны, масштаб этих изменений (до 10 порядков и больше) приводит к качественным – революционным и быстротечным изменениям в других технологических и социальных сферах.

Если соотнести сроки действия закона Мура (рис. 3.3) с датами технологических революций из табл. 3.4, 3.5, то мы увидим, что он действовал на протяжении двух технологических эпох с 1960 по 2010 год и продолжает действовать далее. Тем самым, он выразил собой действие двух технологических революций кибернетического типа и продолжает работать.

Если бросить ретроспективный взгляд на изменения в промышленном производстве со времени первой промышленной революции, то во многих сферах тоже можно увидеть гигантский рост. Так, мощность первой трехфазной электростанции, созданной Т. Эдисоном в 1882 году, составляла 500 кВт, а сейчас мировые генерирующие мощности составляют около 4 млрд кВт, т.е. примерно на семь порядков больше. И конечно, рост энергопотребления привел к ради-

²⁶¹ Закон Мура. – Википедия, 2014. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

кальному изменению образа жизни людей и работы промышленности, создал условия для возникновения электроники.

Характерно, что дата создания первой трехфазной электростанции близка к дате соответствующей технологической революции (около 1890 года), и далее, на протяжении двух эпох научно-технических революций (НТР) (примерно с 1900 по 1970 год) рост производства электроэнергии²⁶² (рис. 3.4) происходил в соответствии с экспонентой, растущей в 2.35 раза за 10 лет, что указывает на генетическую связь НТР с электроэнергетикой и электротехникой. При этом производство электроэнергии на одного человека также росло экспоненциально, но за 10 лет ее количество возрастало в 2.1 раза.

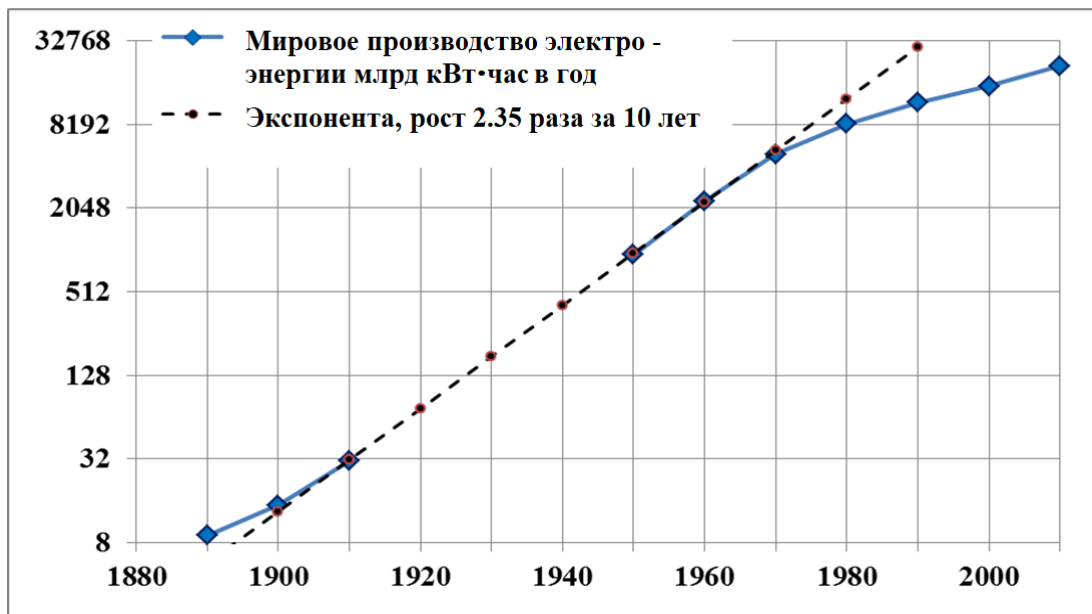


Рис. 3.4. Мировое производство электроэнергии (млрд кВт·ч в год)

После 1980 года увеличение производства электроэнергии стало более медленным, но также экспоненциальным с темпом роста 3.2% в год, что примерно соответствует темпу роста мирового ВВП (рис. 3.5). В 1980 году производство электроэнергии на душу населения превысило 5 кВт·ч/чел в день или всего 210 Вт средней энерговооруженности человека. К 2015 году эта величина достигла 390 Вт. Следует отметить, что это лишь в несколько раз больше мощности, развиваемой человеком (около 100 Вт).

На рассмотренных выше примерах НТР и кибернетических революций мы видим попарное объединение соответствующих длинных волн²⁶³ на единой технологической основе, что можно наблюдать по некоторым важнейшим для данной технологии параметрам.

²⁶² Мировая энергетическая статистика. Ежегодник 2016, <https://yearbook.enerdata.ru>

²⁶³ См. [205].

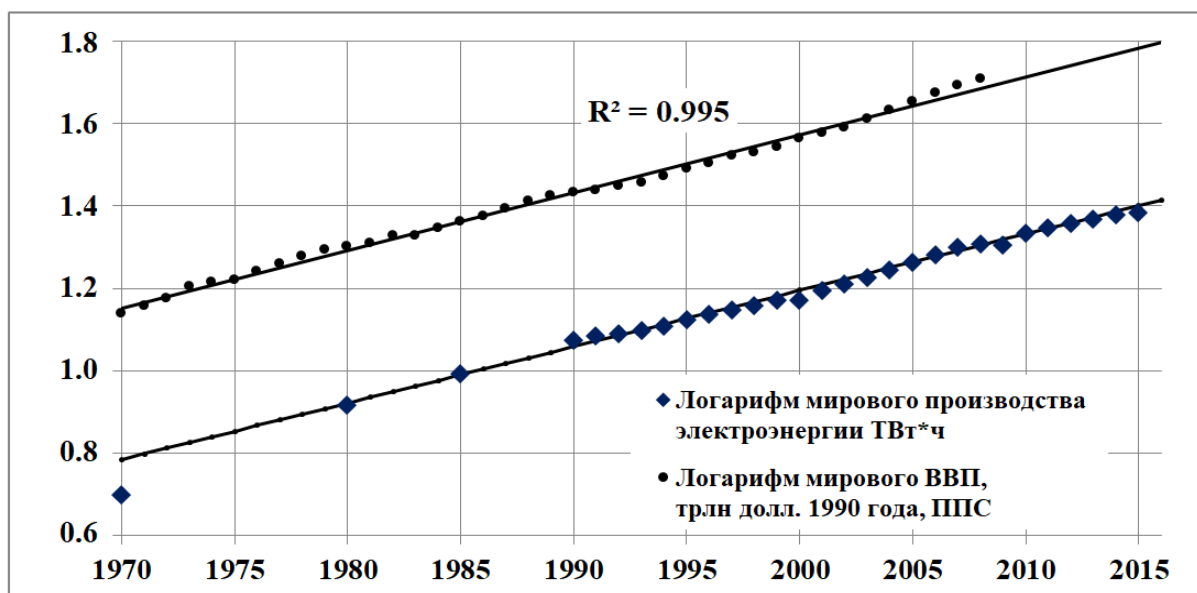


Рис. 3.5. Мировой ВВП и производство электроэнергии после 1970 года

Можно также утверждать, что в качестве времени их начала следует принимать дату, с которой в результате некоторого фундаментального изобретения начинается экспоненциальный рост соответствующего важного для данной технореволюции параметра. Именно период экспоненциального роста определяет данную технологическую эпоху, хотя экспоненциальный рост может окончиться несколько позже завершения соответствующей эпохи.

3.1.5. Завершение кибернетической эпохи

В настоящее время зависимости (3.4), (3.5), характеризующие развитие кибернетических технологий, находятся на стадии экспоненциального роста ($dN/dT \approx N/C$). Однако в дальнейшем они должны следовать дифференциальному уравнению для S-образной или «логистической» кривой, поскольку бесконечный рост физически невозможен.

Закон Мура является феноменологическим. Он констатирует существующую зависимость, но не объясняет, какие закономерности определяют то, что относительная скорость роста числа транзисторов на микропроцессоре

$$(1/N)dN/dT \quad (3.6)$$

является постоянной. Поскольку в локальный период действия закона Мура мировой ВВП рос примерно согласно экспоненте²⁶⁴, то можно было бы предположить, что именно это стало причиной данной закономерности. Однако за 50 лет ВВП вырос примерно на порядок, а количество транзисторов на микрочипе – на восемь порядков, что делает данную взаимосвязь маловероятной. Однако прирост ВВП по различным отраслям происходил неравномерно и поскольку эти годы соответствуют периоду кибернетических революций, то повышенный спрос на инновационные разработки существовал именно в этой отрасли, что

²⁶⁴ См. [31].

инициировало активную работу по созданию более мощных микропроцессоров. Можно предположить, что валовый продукт этой отрасли рос именно с экспоненциальной скоростью и намного порядков.

Пока не ясно, какова величина максимального числа транзисторов на микропроцессоре. Можно предположить минимум два варианта. Либо это исчезновение внешних условий, поддерживающих постоянную относительную скорость роста (3.6), либо возникновение принципиальных пределов роста. В рамках второго варианта можно исходить из того, что человеческий мозг близок к такому пределу. Мозг человека содержит примерно пятьдесят миллиардов нейронов, каждый из которых имеет порядка 10 000 входов (синапсов). Исходя из этого, максимальное число транзисторов можно оценить величиной на уровне $N_{\max} = 10^{16}$, или на несколько порядков больше. Достигнуть такого уровня, согласно закону Мура (3.5), можно после 2060 года, но при логистической зависимости – несколько позднее.

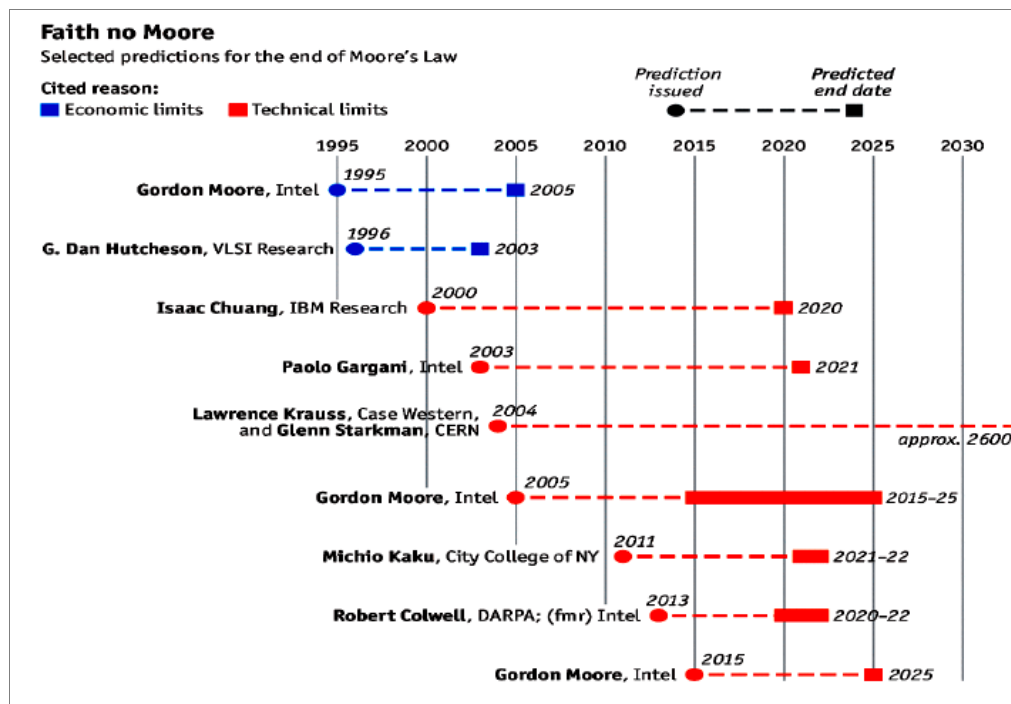


Рис. 3.6. Прогнозы времени действия закона Мура

В работе²⁶⁵ приведены данные по прогнозам окончания действия закона Мура, сделанным в разное время (рис. 3.6). Большинство предсказаний ограничивается 2025 годом. На рис. 3.7 показаны два варианта продления закона Мура (3.4) и производительности суперкомпьютеров (3.5) по логистической модели в виде

$$\text{LgN}(T) = \text{Lg}[N_0 \exp(t)/(1 + (N_0/N_{\max})(\exp(t) - 1))],$$

где $t = (T - 1960)/C$. (3.7)

²⁶⁵ С юбилеем, закон Мура. 2015. <https://geektimes.ru/company/intel/blog/251064/>

По оси ординат на рис. 3.7 отложен десятичный логарифм функций N и F со следующими параметрами:

$$\text{Lg } N_{\max} = 12 \text{ и } 16, N_0 = 27, C = 2.77. \quad (3.8)$$

$$\text{Lg } F_{\max} = 20 \text{ и } 26, N_0 = 35\,000, C = 1.95. \quad (3.9)$$

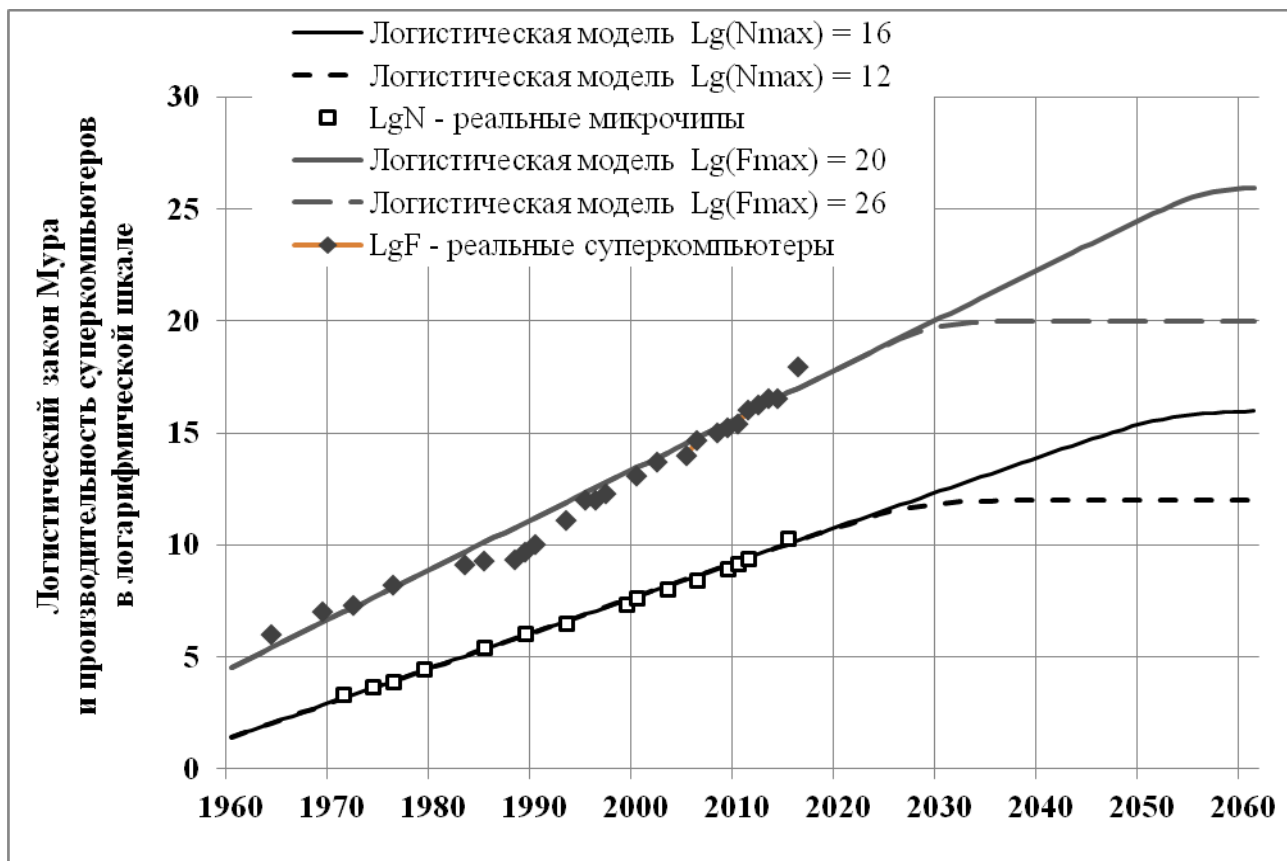


Рис. 3.7. Логистический закон Мура и производительность суперкомпьютеров

Видно, что логистические модели хорошо аппроксимируют реальные зависимости $N(T)$ и $F(T)$, но в период 2025÷2050 годов отклоняются от экспоненты и в течение примерно 10 лет выходят на уровень $N_{\max}$, $F_{\max}$.

Если к 2025 году экспоненциальный рост прекратится, то дальнейший рост числа транзисторов на микросхеме составит всего 2-3 порядка, и это вряд ли приведет к радикальным изменениям в кибернетических технологиях. Однако если кибермашины достигнут уровня человеческого интеллекта, то этот процесс завершится еще спустя 25 лет, и рост составит более 6 порядков, т.е. очень много, и соответственно, индуцированные этим ростом социальные последствия будут революционными, несмотря на эволюционно-экспоненциальный характер роста самих кибернетических технологий. Таким образом, имеется вызов для производителей микрочипов и суперкомпьютеров по достижению уровня максимальных значений этих кибернетических систем и, соответственно, по приближению к идее Индустрии 4.0.

Вместе с тем вероятно реальной технологической революцией будет не продление экспоненциального роста кибернетических технологий, а радикально

другая технология, которая, возможно, уже изобретена. Например, ею может стать главное научное открытие 2015 года по версии журнала Science – система редактирования ДНК под названием CRISPR/Cas9.

Если суперкомпьютеры со временем достигнут уровня человеческого интеллекта, то это, конечно, будет весьма радикальным технологическим событием. Но при этом, поскольку отдельные мобильные процессоры будут иметь мощность лишь уровня искусственного миниинтеллекта, то значимость такого прорыва будет ограниченной. Но если отдельный процессор достигнет уровня человеческого интеллекта, то это будет означать, что суперкомпьютеры поднимутся на уровень сверхинтеллекта, эквивалентного по мощности целой цивилизации или даже «Богу». И в этом случае экспоненциальная эволюция кибернетических устройств может привести к самому радикальному изменению в человеческом обществе.

Как видно из обзора работ предыдущих авторов и табл. 3.5, относительно часто предлагается объединить технореволюции в пары, близкие по содержанию, что особенно четко прозвучало в работе Клауса Шваба. Проведенный в предыдущем разделе анализ (рис. 3.3, 3.4) также показывает логичность такого объединения для революций 1896–1932 годов (научно-технический блок) и 1957–1975 годов (информационно-кибернетический блок).

Такое объединение в пары является результатом того²⁶⁶, что первая из пары революций задает вектор инновационных изменений в технологической сфере, но количественно она не способна радикально изменить жизнь людей. Вторая же революция за счет экспоненциального роста объема внедрения технологии достигает значимого влияния на жизнь людей и реализует значительную часть своего потенциала. Из этого следует гипотеза о том, что следующая технологическая революция не должна быть кибернетической, поскольку пара таких революций уже произошла.

В своей работе²⁶⁷ Шваб отмечает три технологических мегатренда: физический, цифровой и биологический. Два первых мегатренда составляют основу «кибер-физических» систем. В то же время третий мегатренд рассматривается относительно ограничено, хотя именно биотехнологии могут дать обществу наиболее радикальные выгоды: увеличение срока жизни, лечение болезней, биотопливо, продукты питания, утилизацию углекислого газа и других отходов, искусственные интеллектуальные системы и т.д.

Выбор между этими двумя направлениями является принципиально важным, поскольку в соответствии с ним следует определять направления опережающего развития. Неправильный выбор для всего мира будет стоить десятки триллионов долларов, а для отдельных стран – возможности занять достойное место в мировом разделении труда.

²⁶⁶ См. [1].

²⁶⁷ См. [204].

3.1.6. Связь дат технологических революций с ростом объема знаний

Приведенные в разделах 1.1, 1.2 формулы для определения численности человечества N и объема его знаний Z позволяют оценить значения данных величин в периоды различных технологических революций, указанных в табл. 3.5, и выявить закономерности их изменения. Соответствующие данные, полученные с использованием формул (1.1), (1.15), (1.16), приведены в табл. 3.6. Численность человечества после 1979 г. вычислялась с учетом демографического перехода (1.17). Дата 13-й революции соответствует среднему значению в таблице 3.4, а 12-й определена из условия примерного равенства промежутка между двумя предыдущими техно-революциями (округлено).

Таблица 3.6. Рост знания между технологическими эпохами

n	T_n	Революция (эра)	N , млрд.	Z , млн. СВ	Рост Z , раз	Рост N , раз
0	50	Начало христианской эры	0.10	0.11		
1	627	Феодальная	0.14	0.18	1.54	1.41
2	1035	Предвестник ремесленной	0.20	0.27	1.54	1.41
3	1323	Ремесленная (проторенессанс)	0.28	0.42	1.54	1.41
4	1527	Возрождение	0.40	0.64	1.54	1.41
5	1671	Классическая наука	0.56	0.98	1.53	1.41
6	1773	Первая промышленная	0.79	1.5	1.53	1.40
7	1845	Вторая промышленная	1.11	2.3	1.52	1.40
8	1896	Предвестник НТР	1.55	3.5	1.52	1.40
9	1932	Научно-техническая	2.15	5.2	1.51	1.39
10	1957	Предвестник кибернетической	2.94	7.7	1.48	1.37
11	1975	Кибернетическая	4.08	1.6	1.51	1.39
12	2000	Предвестник биотехнологич.	6.07	19.1	1.64	1.49
13	2038	Биотехнологическая	8.63	29.6	1.55	1.42
		Математическое ожидание			1.53	1.41
		Стандартное отклонение			0.04	0.03

Видно, что между технологическими революциями численность человечества увеличивалась примерно в 1.41 раза, а объем знаний – в 1.53 раза. Отклонение от этой закономерности до 1980 года не превышает 0.01, стандартное отклонение – 0.03–0.04.

Таким образом, выявлена весьма интересная и, предположительно, фундаментальная закономерность увеличения объема знаний и числа людей между технологическими революциями в постоянное число раз.

Выше установлено, что даты технологических революций выражаются формулой (3.3). Далее, несложно показать, что даты основных технологических революций в период гиперболического роста человечества определяются формулой

$$T_n = 630 + 1392 \cdot (1 - 2^{-n}). \quad (3.10)$$

Для получения более точных дат технологических революций будущего воспользуемся гипотезой об увеличении объема знаний между революциями в постоянное число раз. Для расчета объема знаний в период демографического перехода воспользуемся более точными формулами (1.17), (1.18). В качестве ориентиров выберем средние даты технологических революций из табл. 1.1. Полученная последовательность дат революций приведена в табл. 3.7. Там же в предпоследнем столбце для сравнения даны осредненные прогнозы дат технологических революций различных авторов из табл. 3.4, а в последнем – отклонение Δ среднего значения от прогнозируемого.

Видно, что по сравнению с формулой (3.3), рост объема знаний между революциями уменьшается с 1.53 до 1.47, т.е. примерно на 4%. Даты революций в гиперболической зоне достаточно близки к средним, указанным в табл. 3.4, а также не сильно отличаются от приведенных в табл. 3.6. Дата кибернетической революции сдвигается с 1975 на 1990 год, что лучше соответствует реальности с учетом того, что существует два этапа кибернетической революции (предвестник и основная). Дата предвестника биотехнологической революции (условно) смещается на 2006 год, что с точностью до двух лет соответствует началу последнего мирового кризиса.

Таблица 3.7. Уточненные характеристики технологических эпох

Год	Технологическая революция (эпоха)	N, млрд	Z, млн у.к.	Рост Z, раз	Рост N, раз	Средн., табл. 4	Δ , лет
1342	Ремесленная	0.29	0.2	1.47	1.38	1330	12
1531	Возрождение	0.40	0.91	1.47	1.38	1488	43
1668	Классическая наука	0.56	1.33	1.47	1.38	1669	–1
1770	Первая промышленная	0.78	1.96	1.47	1.40	1766	4
1844	Вторая промышленная	1.10	2.88	1.47	1.41	1839	5
1899	Предвестник НТР	1.59	4.25	1.47	1.44	1887	12
1939	Научно-техническая	2.33	6.24	1.47	1.47	1942	–3
1968	Предкибернетическая	3.54	9.19	1.47	1.52	1960	8
1990	Кибернетическая	5.25	13.5	1.47	1.48	1983	7
2006	Предбиотехнологическая	6.53	19.8	1.47	1.24	2010	–4
2026	Биотехнологическая	7.97	29.2	1.47	1.22	2038	–12
2059	Следующая революция	9.80	42.9	1.47	1.23		

Наиболее значительным сдвигом по сравнению с датами, представленными в табл. 3.6, является приближение биотехнологической революции к нашему времени (а именно, к 2026 году). Это связано с тем, что зона наиболее быстрого роста численности человечества приходится примерно на 1980–2000 годы, и спустя 25–30 лет это поколение людей будет в трудоспособном, творческом возрасте и внесет важный вклад в быстрый рост объема знаний и создание будущего знания человечества.

Использованный выше подход к прогнозированию дает возможность предсказать еще одну дату революции, которая условно может быть названа «пред-

вестник революции знания» и должна произойти ориентировочно в 2059 году. Характерно, что для того, чтобы она произошла, численность человечества должна достигнуть примерно 10 млрд человек, т.е. предельной цифры, которой может достигнуть человечество по некоторым прогнозам.

Поскольку точность демографических прогнозов относительно невелика (см. рис. 1.4, 1.5), то указанная численность может и не быть достигнута при возникновении некоторых неожиданных факторов, таких как текущая эпидемия коронавируса COVID-19. В этом случае данная технологическая революция может стать последней в истории человечества.

Однако те новые технологии создания знания, которые могут стать следствием кибернетической и биотехнологической революций, а также предвестника революции знания, вселяют уверенность, что будут созданы условия для дальнейшего роста производства знания без роста численности человечества и, соответственно, наступят следующие технологические революции. Вместе с тем это указывает на высочайшую актуальность революции, связанной с производством знания.

3.1.7. Обсуждение результатов

В настоящее время непонятен механизм столь определенного влияния роста объема знания на время наступления технологических революций. Высокая точность выявленной взаимосвязи между ростом знания и технологическими революциями до демографического перехода (табл. 3.6) требует дальнейшего исследования ее причин, поскольку даты технологических революций и зависимость роста объема знаний от времени определены достаточно приблизительно.

Также не до конца ясно, почему технологические революции следуют парами, близкими по содержанию. Данный аспект необходимо исследовать с учетом содержания пар революций.

Желательно найти дополнительные данные об объемах крупнейших библиотек мира, в частности, в XVIII-XX веках нашей эры, чтобы повысить достоверность зависимости объема знаний человечества от времени. В дальнейшем необходимо будет соотнести даты прошедших технологических революций с тщательно регистрируемыми носителями знаний (публикациями).

Также следует провести работу по измерению и использованию объема скрытых знаний для прогнозирования дат технологических революций.

Выводы

1. Показано, что выявленные Н.Д. Кондратьевым длинные волны за пределами непосредственно рассмотренного им временного периода имеют более сложную структуру, чем можно судить по изученным им трем волнам. Эта волновая структура простирается как в прошлое, так и в будущее, но периоды между волнами являются переменными по продолжительности. В прошлом они образуют геометрическую прогрессию, что соответствует гиперболическому закону роста человечества.
2. Определено, что технологические революции следуют парами, тесно связанными содержательно, например, Первая и Вторая промышленные революции. На протяжении двух таких революций происходит экспоненциальный рост характерных параметров – «экспоненциальная эволюция». Показано, что в период НТР с 1900 по 1970 годы происходил экспоненциальный рост выработки электроэнергии. Затем, в период кибернетических революций – экспоненциальное увеличение числа транзисторов на микрочипе (закон Мура) и производительность суперкомпьютеров.
3. Определено, что технологические революции, которые соответствуют началу длинных волн, до 1960 года следовали с ускоряющимся темпом по времени. Продолжительность эпох между основными технологическими революциями соответствует геометрической прогрессии по времени со знаменателем, равным $1/2$ для основных революций, а даты революций с номером n выражаются формулой (3.10).
4. Перед основными революциями происходят революции-предвестники. Суммарная последовательность революций описывается геометрической прогрессией со знаменателем $2^{-1/2}$ в соответствии с формулой (3.3).
5. Наименьшая длина волны соответствует началу демографического перехода (1960 год). После этого периоды между технологическими революциями увеличиваются.
6. Между технологическими революциями происходит рост объема знания примерно в 1.5 раза и рост численности населения Земли на 40%.
7. Кризис, начавшийся в 2008 году, соответствует дате предвестника очередной технологической революции. Согласно прогнозу, определены предположительные даты следующих технологических революций: 2026 и 2059 годы.

3.2. Алгоритм прогнозирования тематики технологической революции с использованием анализа базы научных журналов SCImago JR²⁶⁸

Современный мир находится на пороге новой технологической революции²⁶⁹, но по вопросу ее содержания идут активные дискуссии. Так, согласно прогнозу RAND Corporation «Глобальная технологическая революция 2020»²⁷⁰, опубликованному в 2006 году, ожидаемая революция будет междисциплинарной, и ее опорой станут биологические, информационные и нано технологии. В качестве основных трендов было выбрано шестнадцать наиболее практически и коммерчески полезных технологий, способных вызвать значительные социально-экономические последствия. Из них пять относятся к биомедицинским, шесть – к информационным и пять – к экологии, энергетике и жилищному строительству. Сейчас, на пороге 2020 года создается впечатление, что по этим направлениям произошло мало что революционного, если не считать глобальной революцией внедрение генно-модифицированных организмов и широкое распространение беспроводной связи.

Особенностью современной эпохи является то, что человеческий капитал составляет до 80% национального богатства развитых и крупнейших развивающихся стран мира²⁷¹. Поэтому для успешной реализации очередной технологической революции ключевое значение имеет опережающая подготовка специалистов новых специальностей. Спрос на работников, не прошедших кардинальную переподготовку, резко снизится, и вопрос их занятости станет острым. Для организаций высшего образования возникает необходимость внимательно следить за перспективами изменения потребностей рынка труда.

Однако, для того чтобы определить эти перспективы, необходимо иметь адекватные инструменты прогнозирования. RAND Corporation является одним из лидеров в разработке и использовании технологий прогнозирования, но и она, как представляется, не смогла дать удовлетворительный прогноз очередной технологической революции.

Возможно, это является следствием использования RAND Corporation метода «Форсайт», который ориентирован на выявление нескольких перспективных технологических направлений долговременного развития и создание условий для их реализации^{272, 273}.

²⁶⁸ Основные результаты опубликованы в работе: Prichina O.S., Orekhov V.D., Egorova E.N, Kukharensko O.G, Blinnikova A.V. „Developing and Testing the Forecasting Algorithm for the Technological Revolution Theme through the Analysis of the SCImago JR Scientific Journal Database” J. of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020.Vol. 12, Special Issue.

²⁶⁹ См. [204].

²⁷⁰ Silbergliitt R., Anton P. S., et al. Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyses. (2006). RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR303.html

²⁷¹ См. [100].

²⁷² Becker P. Corporate Foresight in Europe: A First Overview. Luxembourg, 2003.

²⁷³ Ладыкова Т.И., Васильева И.А., Завиша Е.Н. Форсайт-технологии в прогнозировании инновационного развития региона. Управление экономическими системами. 2015, № 4.

В связи с этим возникает задача подготовки методики (алгоритма), соответствующей задаче прогнозирования технологической революции. Разнообразные методики и технологии прогнозирования достаточно детально разработаны. Принципиально, вряд ли требуется разрабатывать новые методики, поскольку их создано более чем достаточно. Но необходимо выбрать технологию или комплекс методик, алгоритмов, адекватных ситуации прогнозирования технологической революции, доработать ее в соответствии с решаемой задачей, адаптировать к структуре (модели) выбранных баз данных и провести опробование применительно к реальной ситуации. Следующим после этапа цифрового прогнозирования является этап анализа полученных результатов и сопоставления их с имеющимися данными в изучаемой научной области.

Технологическая революция является единым синергетическим процессом реализации накопленного человечеством задела знаний, технологий и актуализированных потребностей, реализующимся через преодоление кризиса предыдущей технологической эпохи²⁷⁴. Выявление дискретных технологических трендов, на что нацелен Форсайт, вряд ли приведет к пониманию единого видения революции, если такая задача не внедрена изначально в методику осуществления проекта. Ориентация на выявление трендов, которые могут быть реализованы в формате устойчивого развития в определенных временных и ресурсных рамках, нормативный характер результатов Форсайта также не лучшим образом соответствуют цели поиска потенциальной революции.

Целью данного раздела является актуализация алгоритма прогнозирования направленности очередной технологической революции и создания основы для прогноза спроса на специалистов новых профессий.

Концептуальной основой служит видение того, что технологическая революция является процессом, происходящим, прежде всего, в сфере создания знания, а не коммерциализации инноваций²⁷⁵. Только на втором этапе революции более важным становится процесс внедрения инноваций.

С другой стороны, опыт реализации предыдущих технологических революций показывает, что новое пробивает себе дорогу через отрицание предшествующего, а не как его продолжение. По мнению С.Б. Переслегина, «...главным содержанием текущей исторической эпохи является кризис промышленной цивилизации. Этот кризис носит системный характер и неизбежно приведет к размонтированию современной индустриальной цивилизации»²⁷⁶.

Однако в кризисе можно и законсервироваться, и невнятное мировое развитие после кризиса 2008 года – это симптом того, что противоречия между Индустрией-3 и нарождающейся технологией не находят разрешения. Именно это придает особую актуальность данному исследованию.

²⁷⁴ Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. – М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2009. 702 с. <https://windjview.sourceforge.io/ru>

²⁷⁵ См. [1].

²⁷⁶ См. [260].

3.2.1. Обзор методов и технологий прогнозирования

С целью подготовки методики исследования проведем анализ существующих методов прогнозирования. Их предтечей были различные виды фантастических произведений и утопий²⁷⁷. Нередко именно выдвинутые в них идеи задают первоначальный спектр реперных ситуаций и направлений прогнозирования, который затем просматривается более детально. На современном уровне данный подход реализуется с помощью мозгового штурма или других методов поиска и отбора неординарных решений^{278, 279, 280, 281}.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)²⁸² дает широкий спектр алгоритмов нахождения нетривиальных решений. Одна из базовых рекомендаций предлагает найти «вектор инерции мышления» и рассмотреть альтернативные варианты. При прогнозировании технологических революций важно разглядеть реальный росток промышленного сдвига, созревший до готовности радикально изменить мировое развитие на фоне разноречивых прогнозов и предсказаний в высшей мере заинтересованных субъектов, представляющих уходящую эпоху. Поэтому важно строить прогнозы на серьезной информационной основе.

Другим источником методов прогнозирования являются математические методы экстраполяции, которые особенно плодотворны, если речь идет о выявлении долговременных закономерностей и факторов порядка величины (численность населения, рост ВВП, концентрация CO₂). Для эффективной работы таких методов необходимо иметь мощные и долговременные базы данных²⁸³.

Однако использование количественных методов имеет достаточно ограниченную сферу применения, поэтому специалисты в области прогнозирования стали все больше применять качественные методы, основанные на опросе квалифицированных экспертов, согласовании и обработке результатов их мнений²⁸⁴. Важную роль в обеспечении перехода к новой методологической парадигме прогнозирования сыграл подготовленный корпорацией "РЭНД" в 1964 г. и получивший затем широкую мировую известность "Доклад об изучении долгосрочного прогнозирования"²⁸⁵.

²⁷⁷ Бестужев-Лада И. В., Наместников Г. А. Социальное прогнозирование. Курс лекций. М.: Педагогическое общество России, 2002.

²⁷⁸ Gordon, W.J.J. Sinectics: The Development of Creative Capacity. New York, 1961.

²⁷⁹ Де Боно Э. Шесть шляп мышления. СПб., 1997.

²⁸⁰ Zwicky, F. Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach, McMillan, 1969.

²⁸¹ Щедровицкий Г. П. Организационно-деятельностная игра как новая форма организации коллективной мыследеятельности // Методы исследования, диагностики и развития международных трудовых коллективов. М., 1983.

²⁸² Альтшуллер Г. С., Шапиро Р. Б. О психологии изобретательского творчества // Вопросы психологии. 1956, № 6. С. 37–49.

²⁸³ Турчин А. В., Батин М. А. Футурология. XXI век: бессмертие или глобальная катастрофа? М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 263 с.

²⁸⁴ Дагаев А. А. Эволюция и перспективы совершенствования методологии долгосрочного экономического прогнозирования // Российское предпринимательство. 2006. Т. 7, № 4. С. 81–85.
https://creativeconomy.ru/lib/1633#_ftnref7

²⁸⁵ Gordon T.J., Helmer O. Report on Long-Range Forecasting Study. The RAND Corporation, Santa Monica, Calif., Sept., 1964.

Первой методикой, доведенной корпорацией РЭНД до уровня технологии²⁸⁶, стал метод «Дельфи», основанный на итерационном согласовании мнений большого числа экспертов. Однако этот метод также не может значительно выйти за пределы представлений существующего видения ситуации. Дельфийские оракулы, которые предсказывали, впадая в транс, были более разнообразны в своих видениях.

Другой технологией прогнозирования, разработанной корпорацией РЭНД является «Форсайт». Отличие этого подхода от большинства методов прогнозирования заключается в том, что он ориентирован на реализацию конкретных проектов, начиная с момента исследования. Фактически это метод изменения будущего, причем для его проведения создается команда экспертов из различных слоев общества, способных активно влиять на реализацию данного проекта²⁸⁷. При этом для реализации принимаются проекты, позволяющие надеяться на наибольшую вероятность воплощения и получения значительных выгод. В целом, «Форсайт» находится на стыке методов прогнозирования и планирования.

Среди современных методов прогнозирования следует отметить метод когнитивного моделирования²⁸⁸, предложенный R. Axelrod, который сочетает в себе качественные и количественные подходы. Цифровая модель изучаемой сложной системы при этом формируется на основе мнений экспертов о ее структуре и силе парных взаимосвязей концептов в виде нечеткой когнитивной карты (FCM – Fuzzy Cognitive Maps)²⁸⁹. Далее производится обработка FCM с помощью электронной системы принятия решений и определяется ее поведение под воздействием различных управляющих факторов^{290, 291}. За счет этого удастся выяснить поведение сложной слабо структурированной системы с тысячами взаимосвязей, осознать взаимодействие которых сознание человека и даже группы экспертов не в состоянии.

Важным современным алгоритмом прогнозирования является сценарный подход, разработанный Германом Каном²⁹², в соответствии с которым выявляется спектр прогнозных ситуаций, позволяющий повысить альтернативность прогноза и выявить возможные риски и смены трендов²⁹³.

Одной из основных проблем прогнозов, является возможность возникновения «пузыря» завышенных ожиданий – цикл хайпа (hype)²⁹⁴, разработанный

²⁸⁶ См. [260].

²⁸⁷ См. [269].

²⁸⁸ Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.

²⁸⁹ Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies, 1986. Vol. 1. P. 65–75.

²⁹⁰ Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Проблемы управления. 2010, №3.

²⁹¹ Подвесовский А.Г., Лагерева Д.Г., Коростелев Д.А. СППР "ИГЛА". (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2007. URL: <http://ipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html> Дата обращения 2018.

²⁹² Kahn H. The Next Two Hundred Years: A Scenario for America and the World. 1976.

²⁹³ Cornish E. Futuring: The Exploration of the Future. 2005.

²⁹⁴ Gartner Hype Cycle (2019). URL: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>

компанией Gartner. Согласно этой концепции, жизненный цикл любой технологии имеет пять этапов: запуск инновации, пик ожиданий, спад, переосмысление, ниша востребованности (терминология наша). Пузырь ожиданий может привести к росту инвестиций в технологическое направление, а затем к разочарованию от неоправданных коммерческих и социальных результатов.

Эту концепцию можно отнести и к технологическим революциям. Все прошедшие революции пережили пик восхищения и затем нашли свою нишу востребованности. Нельзя неоправданно продлять восхищение – это может привести к увеличению периода спада. Ранее в конкурентной межгосударственной среде это происходило достаточно ограниченно, поскольку застывшие в развитии государства теряли лидирующую позицию. Сейчас, с появлением мощных маркетинговых институтов, глобального управления на уровне государств и суперкорпораций, это стало вполне реальным фактором влияния на ход реализации технологических революций, включая переход в стадию долговременной консервации экономического развития.

Вполне возможно, что именно это происходит с кибернетической (информационной) технологической революцией, которой пытаются неоправданно продлить стадию восхищения.

Отметим еще одну опасность, связанную с прогнозированием технологических революций. Это так называемые «ловушки сознания», которые возникли в процессе эволюции мозга человека и связаны с особенностями его устройства и физиологией речевой коммуникации людей. Наиболее известными из них являются стереотипы и доминанты. Среди ловушек, проявляющихся при принятии стратегических решений, С. Roxburgh отмечает следующие²⁹⁵: излишняя самоуверенность, двойной счет, сохранение Status Quo, фиксация на известном, стадный инстинкт, мнимый консенсус и другие.

3.2.2. Методика исследования

Основные параметры проекта

Первым этапом исследования по прогнозированию технологической революции является определение основных параметров проекта²⁹⁶, которые представлены ниже.

1. *Цель исследования*, которая указана выше, – актуализация алгоритма прогнозирования направленности очередной технологической революции и создания основы для прогноза спроса на специалистов новых профессий.
2. *Заинтересованной стороной* проекта является мировое бизнес-сообщество и, в первую очередь, Россия.
3. *Объект прогноза* – научно-техническая деятельность в условиях развитой информационно-кибернетической эпохи.

²⁹⁵ Roxburgh C. Adjusted for the brain. The McKinsey Quarterly. 2003, № 2.

²⁹⁶ См. [263].

4. *Предмет прогноза* – направление развития в результате научно-технической революции.
5. *Охват прогноза* – глобальный.
6. *Проблемная ситуация* – наличие условий для технологической революции, которые в течение более десятилетия не ведут к определению направления революции (разнообразные трактовки направления революции) и активизации развития мировой экономики.
7. *Стоимость ошибки* в определении революции для мировой экономики составляет десятки триллионов долларов, а для России на порядок меньше, плюс потери в области конкурентоспособности страны.
8. *Период прогнозирования* (перспекция) – среднесрочный (10 – 20 лет), поскольку за такой период технологическая революция должна произойти и быть идентифицирована. Среднесрочный горизонт дает возможность использовать количественные методы прогнозирования.
9. *Ориентация проекта* – на поисковое прогнозирование.
10. *Тип прогноза* – количественный (возможны варианты качественно-количественного прогнозирования).
11. *База данных* для прогноза – библиометрическая база SCImago Journal & Country Rank.
12. *Ретроспекция* – 19 лет (с 1999 по 2018 год), соответствует по продолжительности перспекции.
13. *Уровень новизны* – уточняющий. Предварительная модель и прогноз опубликованы авторами в работе²⁹⁷.
14. *Исходные гипотезы*, обоснованные в книге²⁹⁸ положения:
 - технологические революции происходят в результате накопления научно-технологических знаний примерно в 1.4 раза выше уровня, характерного для предыдущей революции;
 - революции следуют парами, близкими по направленности (в размерности длинных волн Кондратьева), первая из которых задает инновационный вектор, а вторая преобразует полученное технологическое развитие в рост экономики.
 - информационно-кибернетическая революция уже прошла два пика, первый из которых связан с созданием микрочипов и суперкомпьютеров после 1960 года, а второй произошел около 1990 года и привел к овладению большей части населения Земли личными компьютерами, средствами мобильной связи и т.д.
 - большинство технологических революций в прошлом имели относительно узкую конкретную направленность. Поэтому выдвижение на роль новых претендентов нескольких направлений нежелательно.

²⁹⁷ См. [1].

²⁹⁸ Там же.

15. *Претенденты* на роль потенциального лидера технологической революции: энергетика, киберфизическая сфера, биотехнологии, NBIC (нано, био, инфо, когно), экология.
16. *Алгоритм* определения лидирующих направлений потенциальной технологической революции заключается в следующем. Математический анализ библиометрической базы SCImago JR позволяет определить количество журналов различной научной направленности, а следовательно, рост знаний по различным направлениям. Кроме того, следует принимать во внимание позицию, которую занимают журналы в рейтинге SCImago JR и с учетом индекса Хирша, то есть уровень значимости журналов для научного сообщества. Также следует учитывать динамику числа журналов во времени.
17. *Модель исследуемого объекта*. Научно-техническая деятельность представлена в базе научных журналов SCImago JR. Она включает такие показатели, как «предметные области» (subject areas) и «тематические категории» (subject categories), а также детальную информацию о категориях научных статей, принимаемых в каждый журнал, названия журналов и другие характеристики²⁹⁹. Многие журналы отнесены к нескольким категориям, в которых они имеют признанный квартиль, причем это могут быть категории из различных предметных областей. Например, третий в рейтинге журнал Nature Reviews Materials отнесен к пяти категориям с квартилем Q1: Biomaterials; Electronic, Optical and Magnetic Materials; Energy (miscellaneous); Materials Chemistry; Surfaces, Coatings and Films. В результате суммарное число журналов в SCImago JR в 2018 году составляет 31 971, число журналов, отнесенных к 27 предметным областям, – 52 825, а число изданий в 309 категориях – 73 996. Таким образом, отнесение издания к конкретной предметной области или тематической категории не является однозначным.

Отметим также, что в составе предметных областей не выделены такие важные науки, как нанотехнологии и образование, хотя в категориях их одна и четыре соответственно, а по числу журналов: 88 и 1323 (~1.8%). Компьютерные науки по предметным областям составляют 10.5%, а исходя из отнесения к тематическим категориям – 16.6%. Таким образом, отнесение журналов к различным областям и категориям, скорее всего, будет не однозначным и с погрешностью идентификации. Поэтому необходимо проводить идентификацию с использованием различных показателей базы.

В целях определения потенциальных направлений технологических революций целесообразно уменьшить разнообразие числа предметных областей. Представленные в SCImago JR области знаний, с точки зрения исследуемой задачи, можно сократить с 27 до 15³⁰⁰, в частности сгруппировав медицинские дисциплины: медицина, фармакология, токсикология, фармацевтика, иммунология, микробиология, лечение зубов, медицинские профессии, сестринское дело.

²⁹⁹ SCImago Journal & Country Rank. Scimago Institutions Rankings. URL: <https://www.scimagojr.com/>

³⁰⁰ См. [74].

Также, уместно сгруппировать следующие области: экономика, эконометрия, финансы, бизнес, менеджмент, маркетинг, бухгалтерия, стратегическое управление, инновационный менеджмент и принятие решений. Агрономию и био-науки можно объединить с ветеринарией, зоологией и продуктами питания; химию – с химическим машиностроением и т.д. Кроме того, желательно добавить такие области, как нанотехнологии и образование, а также дифференцировать область «Социальные науки».

Алгоритм анализа полной базы данных

Поскольку деление совокупности журналов на области и категории неоднозначно и не учитывает «вес» журналов, то будет проведен анализ полной базы данных. Номер журнала – J в базе SCImago JR соответствует его рейтинговому значению, которое имеет определенное числовое значение. Ввиду того, что суммарное число журналов велико – в 2018 году их число составило $\Sigma J = 31\,971$, анализ тематики журналов проводился блоками (выборками) по 300 журналов. В работе использовалось девять основных выборок, отличающихся в 1.5–2 раза и начинающихся с номеров: 0, 500, 1000, 2000, 5000, 10000, 15000, 20000, 30000. Кроме того, отдельно рассматривались выборки с меньшим числом журналов: 0–50 и 0–100 первых изданий. В составе каждой выборки определялась средняя арифметическая доля (частота) журналов различной тематики.

Характеристики каждой выборки с номером I были расширены до середины промежутка до соседней выборки слева и справа. Затем были определены число N_I и доля журналов D_I , попадающих в данную зону влияния. Характеристики выборок и зон влияния для журналов 2018 года приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8. Характеристики выборок и их зон влияния, 2018 г.

Номер выборки – I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Номер первого журнала выборки, тыс.	0	0	0	0.5	1	2	5	10	15	20	30
Среднее значение номера журнала выборки, тыс.	0.025	0.05	0.15	0.65	1.15	2.15	5.15	10.15	15.15	20.15	30.15
Нижняя граница зоны влияния, тыс.	0	0	0	0.4	0.9	1.65	3.65	7.65	12.65	17.65	25.15
Верхняя граница зоны влияния, тыс.	0.05	0.1	0.4	0.90	1.65	3.65	7.65	12.65	17.65	25.15	31.97
Размер зоны влияния – N_I , тыс.	0.05	0.1	0.4	0.5	0.75	2	4	5	5	7.5	6.82
Доля журналов в зоне влияния – D_I , %	0.16	0.31	1.25	1.56	2.35	6.26	12.5	15.6	15.6	23.5	213

Хотя номер журнала J в базе SCImago JR соответствует его рейтинговому значению, однако представляется более удобным использовать в качестве характеристики значимости журналов их индекс Хирша – H , который аналогично индивидуальным индексам Хирша равен числу публикаций с определенным числом ссылок. Взаимосвязь между номером журнала и средним индексом Хирша представлена на рис. 3.8.

Левые три точки (рис. 3.8) представляют собой выборки из одного и того же блока в 300 журналов ($I = 1-3$), поэтому угол наклона прямой в этой области резко меняется. В остальной части базы журналов средний для выборки индекс Хирша связан линейной зависимостью со средним значением номеров выборок.

Для удобства представления на одном графике и ведущих журналов и аутсайдеров используется двоичная логарифмическая шкала номеров журналов в нумерации SCImago JR. Хотя у журналов начальных номеров индекс Хирша выше, но их число в выборке меньше, поэтому основная масса научных знаний содержится в журналах, удаленных от начала.

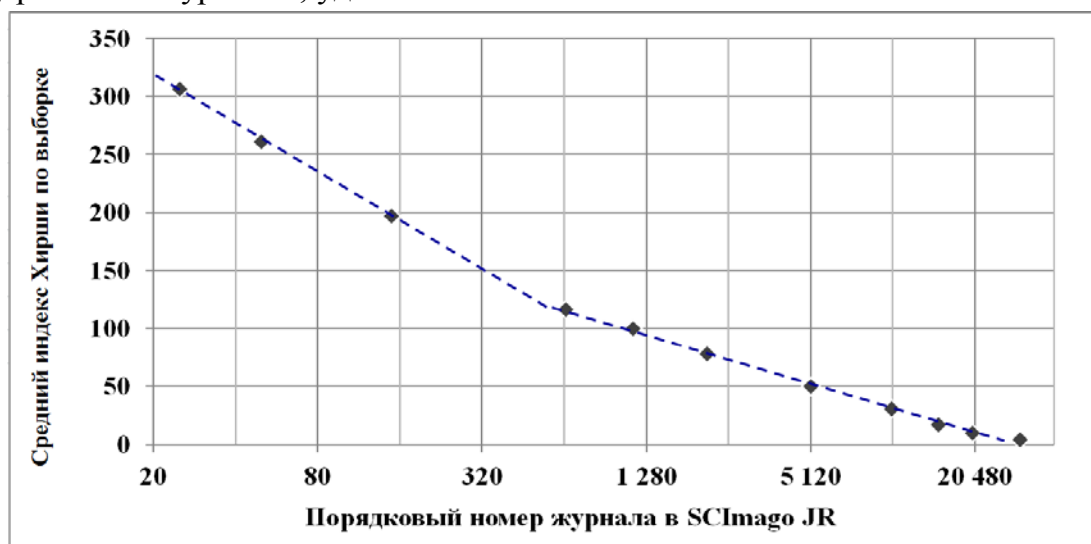


Рис. 3.8. Зависимость между номером журнала и средним индексом Хирша

Величина «веса» различных выборок P_I с учетом значимости журналов по индексу Хирша H определялась как произведение относительного числа журналов, попавших в зону влияния $D_I = N_I/N_\Sigma$, на средний арифметический индекс Хирша выборки H_I по формуле

$$P_I = H_I \cdot N_I / N_\Sigma. \quad (3.11)$$

График весов P_I различных выборок в зависимости от их номера в % приведен на рис. 3.9.

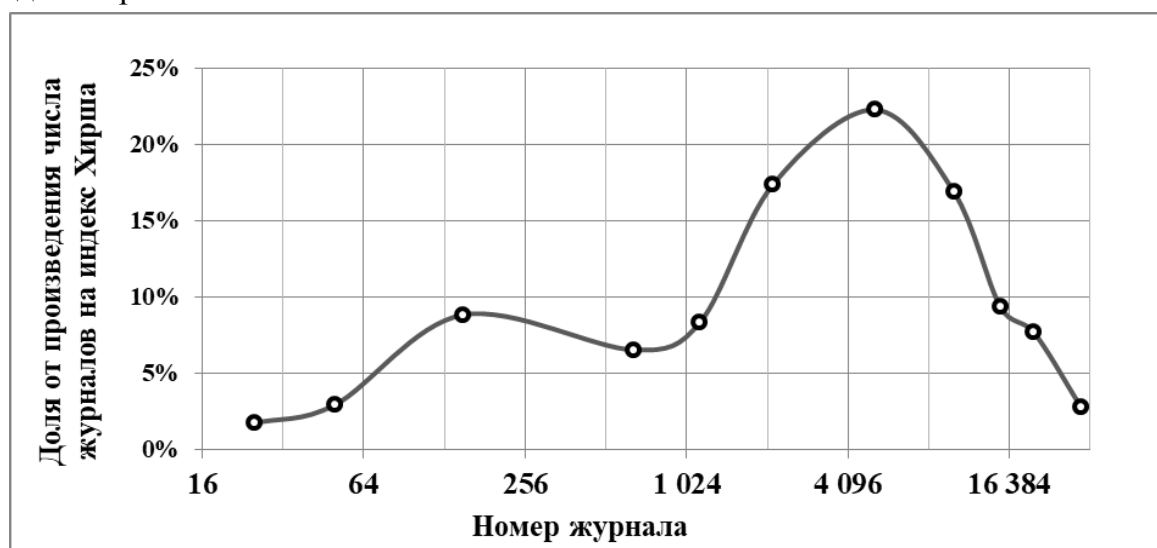


Рис. 3.9. Веса различных выборок в зависимости от номера SCImago JR

Видно, что при используемой группе выборок основной вклад дают журналы в области влияния выборок от 2000-го до 10 000-го номера – 56%. Далее вес журналов резко падает за счет влияния падения индекса Хирша и доля вклада номеров свыше 25 000-го составляет 2.8%.

Еще одним показателем качества журналов является «квартиль». Соотношение показателя квартилей неоднозначно соотносится с номером журнала в базе SCImago JR. Распределение журналов с различными квартилями в зависимости от номера J в базе SCImago JR дано на рис. 3.10.

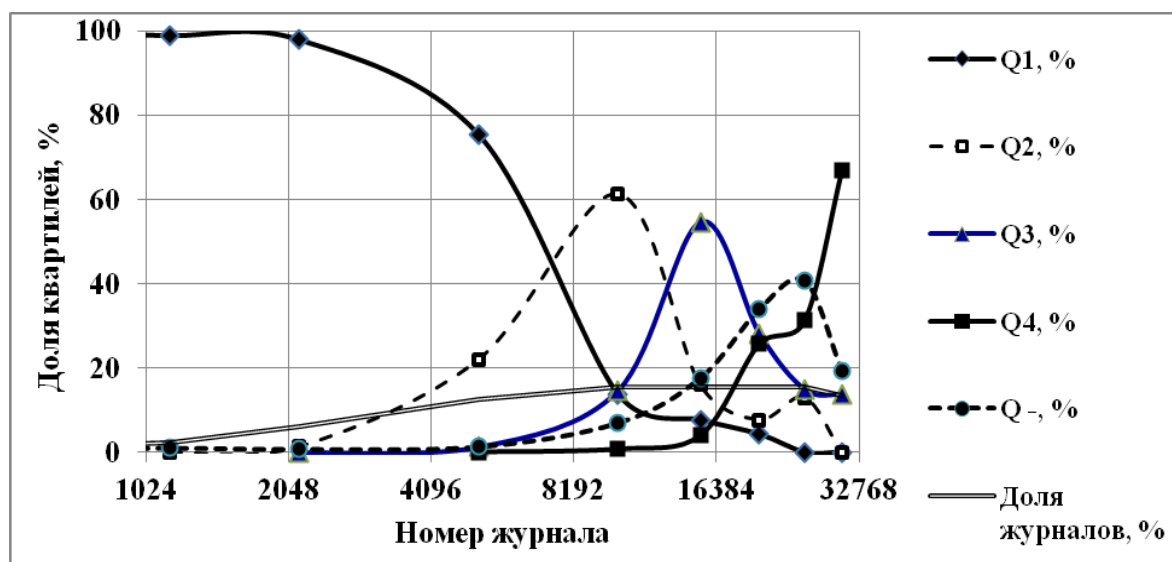


Рис. 3.10. Распределение журналов с различными квартилями

Нужно отметить, что до 2000-го номера присутствуют журналы практически только первого квартиля. После 7000-го номера доминируют журналы с квартилем Q2. К 16 000-ному номеру больше всего журналов – Q3. После 20 000-го номера доминирует – Q4, значительную долю занимают журналы без квартилей (Q -), но присутствуют и Q2 и Q3. Доминирующую часть журналов занимают квартили Q1 и Q2. На рис. 3.10 для ориентировки указана доля журналов в каждой выборке, причем для равномерности распределения добавлена выборка, начинающаяся с номера журнала 25 000.

3.2.3. Результаты анализа базы SCImago JR

Распределение журналов за 2018 год

На рис. 3.11 приведено распределение журналов по предметным областям, сжатым с 27 до 15, как указано выше.

Видно, что наибольшее число журналов относится к медицине и смежным тематикам – 19.2% в 2018 году. По отношению к 1999 году их доля уменьшилась, но в связи с ростом числа журналов абсолютное количество изданий этой тематики увеличилось примерно на 30%. Вместе с био-генетическими науками, психологией, нейронауками, био-, агро-, зоо- науками они занимают в 2018 году 31.2%.

На втором месте находятся социальные науки – 12.6%, а вместе с гуманитарными науками и искусством они занимают 20.2%. С 1999 года их доля значительно возросла.

Доля экономических наук, включая финансы, менеджмент, маркетинг, стратегию и принятие решений, выросла к 2018 году до 6%.

Компьютерные науки представлены относительно небольшой долей журналов для претендента на технологическое лидерство – 10.5%, но их доля выросла за 19 лет более чем вдвое.

Выросла также доля изданий, связанных с энергетикой, но она составляет всего лишь 1.9%.

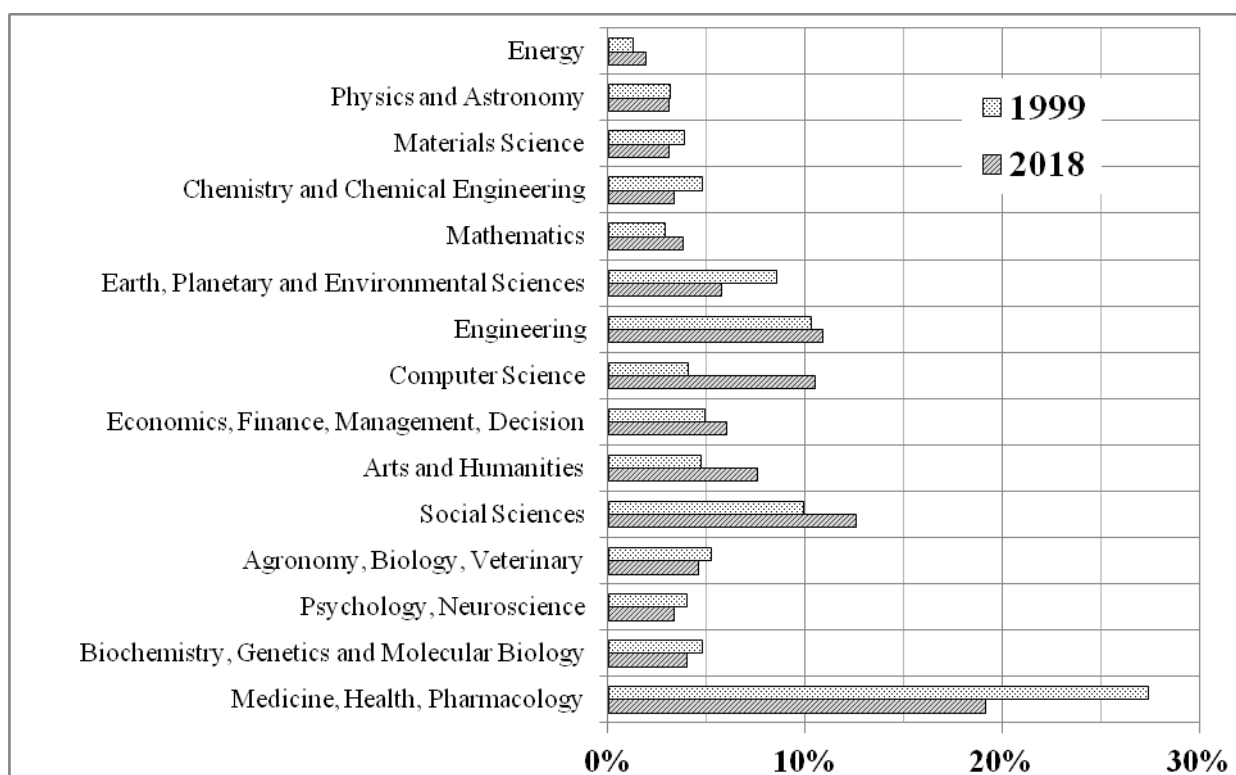


Рис. 3.11. Доля журналов различных предметных областей

Основные точные науки: физика, астрономия, материаловедение, химия и математика охватывают 13.3% журналов, что несколько меньше, чем в 1999 году.

Остальные области наук, включая технические, энергетику, науки о Земле и планетах, а также экологию, но без компьютерных наук представляют 18.6% изданий, что также меньше, чем в 1999 году.

Далее мы более детально рассмотрим распределение журналов по их значимости и соответственно позиции в рейтинге SCImago JR. На рис. 3.12. показано распределение доли журналов – D_i в выборках (в %) в зависимости от номера журнала в рейтинге SCImago JR для пяти тематик био-медицинской направленности, которая является наиболее массовой в рассматриваемой базе научных журналов.

Видно, что ведущее место занимают медицинские журналы, доля которых в числе первой 1000-и журналов составляет 25%, а к 5000-ному журналу достигает

35%. Затем доля уменьшается, но не менее чем до 15%. Высокая доля этих изданий в первой тысяче означает, что это передовые, инновационные исследования. Пик в области 5000 означает, что и более традиционные медицинские дисциплины активно развиваются и массово публикуются. Довольно высокая доля данной тематики в конце рейтинга свидетельствует о широком практическом применении медицинской науки.

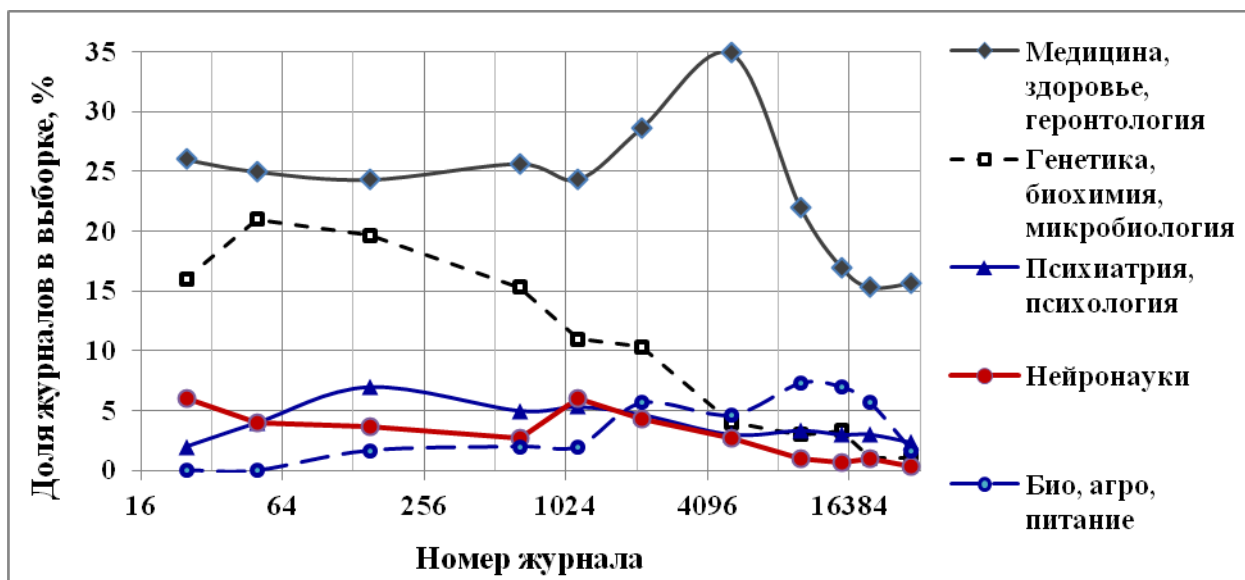


Рис. 3.12. Распределение долей журналов био-медицинской тематики

На втором месте группа журналов по биохимии, генетике, микробиологии и смежным дисциплинам, включая медицинские. Максимальная их доля расположена в первой тысяче журналов, соответствуя тому, что это высоко инновационная тематика. Резкое снижение доли этой тематики к концу рейтинга означает относительно низкий уровень практического применения.

Психиатрия имеет достаточно высокий рейтинг – на уровне 5% в первой 1000-и и снижается примерно вдвое к концу рейтинга, что отражает средний уровень практического применения знаний данной тематики.

Доля нейронаук составляет порядка 4% в первой 1000-е, но к концу рейтинга их доля резко падает, что свидетельствует об их малом практическом применении. Нужно отметить, что в данный блок попали журналы о нейронауках, как биолого-медицинской, так и кибернетической направленности, поскольку они сложно различимы. При оценке по доле журналов в предметных областях доля нейронаук составляет 1.1%.

Блок наук биологической (зоология, агрономия, ветеринария и др.) направленности, а также продуктов питания имеет максимум (до 7%) в области журналов с номером свыше 5000, что характерно для наук с высокой прикладной направленностью.

На рис. 3.13 представлено распределение относительной доли журналов – X био-медицинской тематики с учетом их веса P_i , определенной по формуле (3.11). В отличие от рис. 3.12, на котором приведена доля журналов в каждой выборке,

здесь представлена отдельно доля журналов разной тематики и выборок в общей выборке в процентах.

В результате учета относительного числа журналов, попавших в зону влияния выборок N_I/N_Σ , на рис. 3.13 проявляется доминирование журналов номерами в диапазоне 1–10 тыс. Видно также, что медицинская тематика значительно превосходит био-генетическую, особенно в составе журналов с большими номерами.

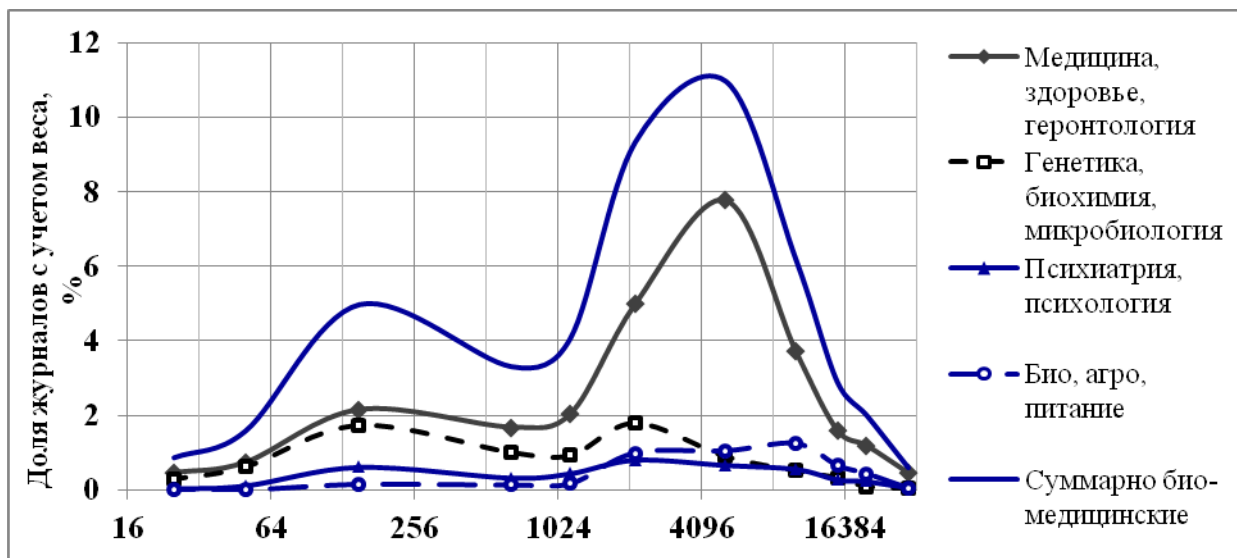


Рис. 3.13. Доля журналов био-медицинской тематики с учетом веса

Для определения общего веса тематики в составе всех журналов нужно просуммировать его веса по всем выборкам. В табл. 3.9 дано сравнение доли журналов различной тематики с весом согласно формуле (3.6) и без учета веса выборок, а также их доля в предметных областях (рис. 3.11).

Таблица 3.9. Влияние «веса» на долю журналов (%)

	Медицина, здоровье, геронто- логия	Генетика, биохимия, микро- биология	Психи- атрия, психо- логия	Нейро науки	Био, агро, зоо, пи- тание	Суммарно био-меди- цинские
Средняя доля журна- лов в выборке (D), %	23.1	7.6	4.1	2.5	4.2	41.5
Доля журналов с учетом веса (X), %	25.5	7.3	4.0	2.7	4.8	44.3
Доля по предметным областям, %	19	4	2.3	1.1	4.6	31.2

Видно, что учет влияния веса P_I по формуле (3.11) относительно слабо ска-
зывается на средних значениях различных тематик. Однако из сравнения
рис. 3.12 и рис. 3.13 видно, что значимость первых номеров журналов без учета
веса значительно преувеличена. Также заметно весьма значительное различие в
определении доли журналов по предметным областям. Относительно нейро наук
это может происходить по причине отнесения к данной области журналов, пуб-
ликующих исследования в области кибернетики. Также есть значительное число

журналов, связанных с психологией образования и других сфер деятельности, которые сложно однозначно идентифицировать. Вместе с тем с учетом неоднозначности отнесения журналов к конкретным областям и категориям такая погрешность представляется допустимой. С точки зрения решаемой задачи прогнозирования подобная погрешность также является приемлемой.

Для детализации распределения журналов блока наук, занимающих ведущие места, на рис. 3.14 показано распределение доли журналов в выборках, а на рис. 3.15 – доли журналов с весом.

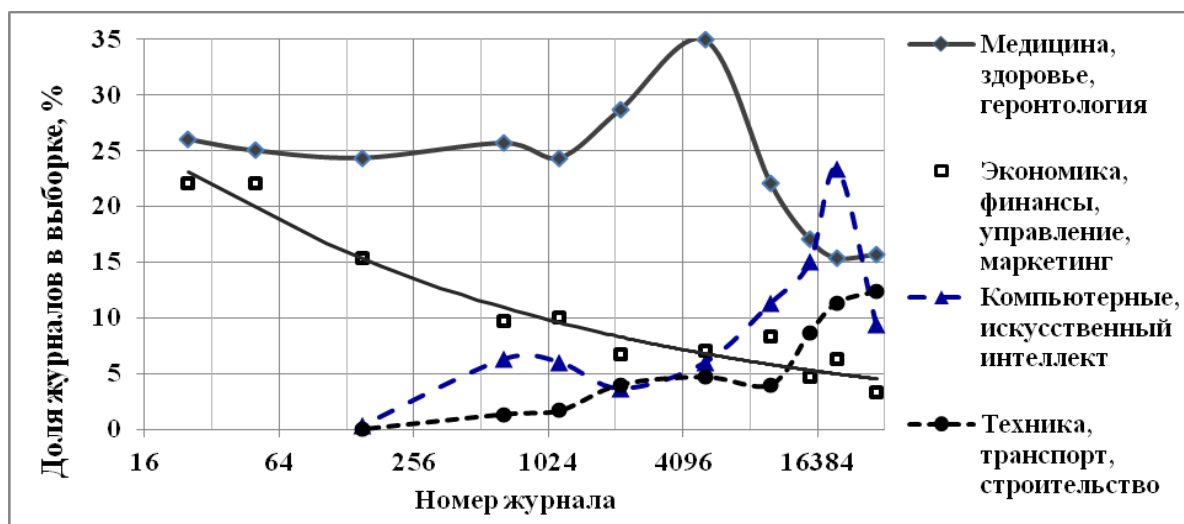


Рис. 3.14. Распределение доли журналов массовых тематик

На первом месте в обоих представлениях находятся медицинские науки. На втором месте, в числе журналов с высоким рейтингом, представлена экономическая тематика. Доля публикаций этой тематики уменьшается монотонно и к 1000-му номеру их частота снижается с 22 до 10%, а с учетом веса экономические науки составляют около 1% на выборку. Экономические науки широко представлены и в первых номерах, и в средней части списка журналов, что свидетельствует о достаточно широком их внедрении в практику.

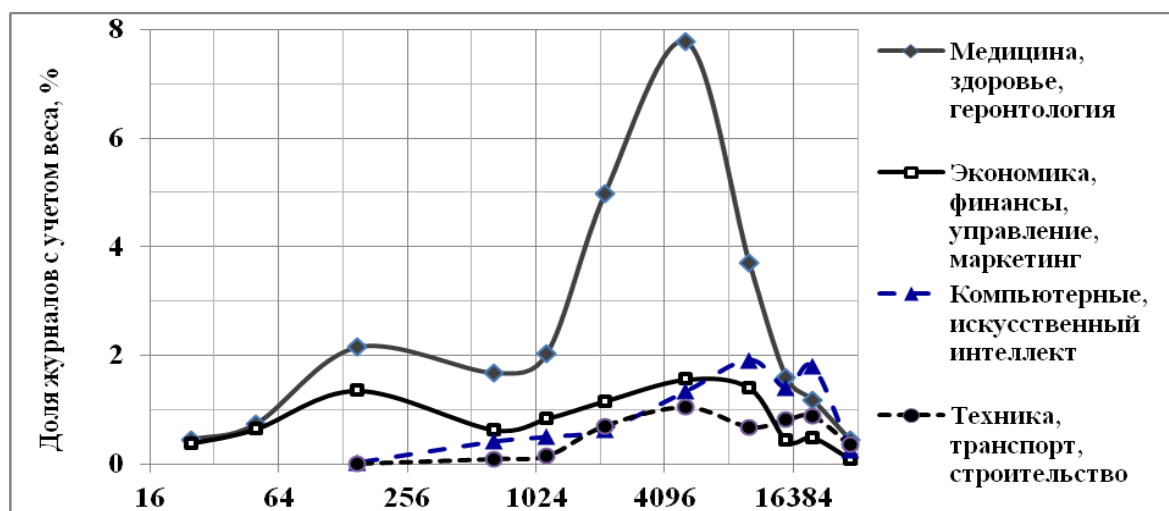


Рис. 3.15. Распределение доли журналов массовых тематик с весом

На третьем месте по частоте представленности находятся компьютерные, кибернетические, информационные науки и журналы по искусственному интеллекту. В составе первых 300 журналов их практически нет; в области 500–5000-х номеров их доля составляет около 6%, а максимум 23% находится в области 20 000-го номера. Такая представленность данного блока наук не свидетельствует о его готовности стать ведущим в очередной технологической революции, тем более на фоне мощного научно-публикационного потенциала био-медицинских наук.

На четвертом месте находятся технические науки, включая автоматику, электронику, транспорт, строительство и другие. Максимум находится в конце рейтинга и достигает 12%, что соответствует статусу наук, имеющих широкое практическое применение.

Суммарные доли этих массовых наук как средняя арифметическая, так и с весом приведены в табл. 3.10. Там же обозначены зоны максимума публикаций по этим тематикам с весом и без него. Знаком + обозначены те науки, которые вызывают интерес научного сообщества своей новизной.

Таблица 3.10. Суммарные показатели журналов по передовым наукам

	Био- меди- цинские, всего	Медицина, здоровье, геронто- логия	Эконо- мика, финан- сы и др.	Компью- терные, ИИ	Техника, транспорт, строи- тельство	Физика, астро- номия
Средняя доля жур- налов в выборке, %	41.5	23.1	7.9	9.9	5.3	2.1
Доля журналов с учетом веса, %	44.3	25.5	8.0	8.3	4.7	2.3
Доля по предмет- ным областям, %	31.2	19	6	10.5	10.9	3.1
Зона максимума средней доли, тыс.	0–5	0–2	0–0.3	15–20	15–30	0–0.3
Зона максимума с весом, тыс.	2 – 10	2 – 10	0.3–10	5–20	2–20	0–0.3; 2–10
Уровень новизны	+	+	+	–	–	+

Показатели более широкого спектра наук технической направленности представлены в табл. 3.11. Суммарно они охватывают около 35% всех журналов – почти столько же, сколько био-медицинские (43%). Различие оценок по выборкам журналов от оценок по доле предметных областей наиболее сильное в области техники (инженерные науки) и составляет около 5%. Вероятно, это связано с тем, что при оценке по журналам науки в области медицинской техники относились к медицине, а не к технике. Это связано со спецификой выявления областей технологических революций. То, что связано с уникальными медицинскими операциями или лекарствами, нацелено на улучшение здоровья людей, а техника является лишь инструментом. Интересно, что, кроме упомянутых выше лидирующих наук, широко представлены научные журналы по математике и геонаукам – примерно по 4.2%. Также относительно широко представлены эко-

логические науки – 2.8%. Энергетика представлена более узко ~ 1.5%. Еще более узко представлены нанотехнологии – 0.2% журналов. Это крайне интересно, ибо еще недавно нанотехнологии презентовались в России как наиболее перспективное направление научно-технического развития^{301, 302}.

Например, Всероссийская олимпиада по нанотехнологиям до сих пор проводится под лозунгом «Нанотехнологии – прорыв в будущее»! Хотя журналов, непосредственно по нанотехнологиям, достаточно мало, но данная тематика встречается также в изданиях о создании новых материалов наряду с методами создания материалов для электроники, фотоники и т.д.

Таблица 3.11. Суммарные показатели журналов по техническим наукам

Наука	Средняя доля журналов в выборке, %	Доля журналов с учетом веса, %	Доля по предметным областям, %	Зона максимума средней доли, тыс.	Зона максимума с весом, тыс.	Уровень новизны
Физика, астрономия	2.1	2.3	3.1	0–0.3	0–0.3; 2–10	+
Техника	5.3	4.7	10.9	15–30	2–20	–
Компьютерные, ИИ	9.9	8.3	10.5	15–20	5–20	–
Материаловедение	2.6	2.6	3.1	0–0.3, 10–15	5–15	
Химия	2.4	2.5	3.3	0–0.3	1–10	
Нанотехнологии	0.2	0.2		0–0.3	0–0.3	+
Энергетика	1.6	1.4	1.9	0–0.1; 15–20	10–20	–
Математика	3.8	4.3	3.8	0.5–15	2–10	–
Геонауки	4.3	4.2	2.7	1–2.5; 10–30	1–15	–
Экология	2.7	2.9	3.0	0.5–1; 10–15	2–10	–
Мульти-дисциплинарные	1.0	1.1	0.2	0–0.1; 10–30	2–15	–
Сумма	35.9	34.5	42.5			

Науки гуманитарно-социальной направленности представлены на рис. 3.16 и в табл. 3.12. В сумме они занимают около 14% журналов, причем наиболее массовым является блок «социология, политика, международные связи и право». Согласно идентификации по предметным областям, социальные науки занимают 12.6%, а гуманитарные и искусство – 7.6%. Совместно это составляет 20.2%, что на треть больше, чем при идентификации непосредственно по журналам. В целом журналы этого блока занимают места за 5-тысячным номером рейтинга, как

³⁰¹ Руденский О.В., Рыбак О.П. Инновационная цивилизация XXI века: конвергенция и синергия NBIC-технологий. Тенденции и прогнозы 2015–2030. Информационно-аналитический бюллетень № 3. http://www.vixri.com/wp-content/uploads/2011/08/inf3_2010.pdf.

³⁰² Данилин И.В., Мамедьяров З.А., Кобринская И.Я. Прогнозирование технологических тенденций на основе социально-экономических факторов. Научно-аналитический доклад. М.: НИИ ИМЭМО РАН, 2016. 2016-Dynkin-Rep-RFFI-001.pdf

правило, 3-4-й квартиль. В первых номерах журналов в большей мере представлены социологический блок, право и образование.

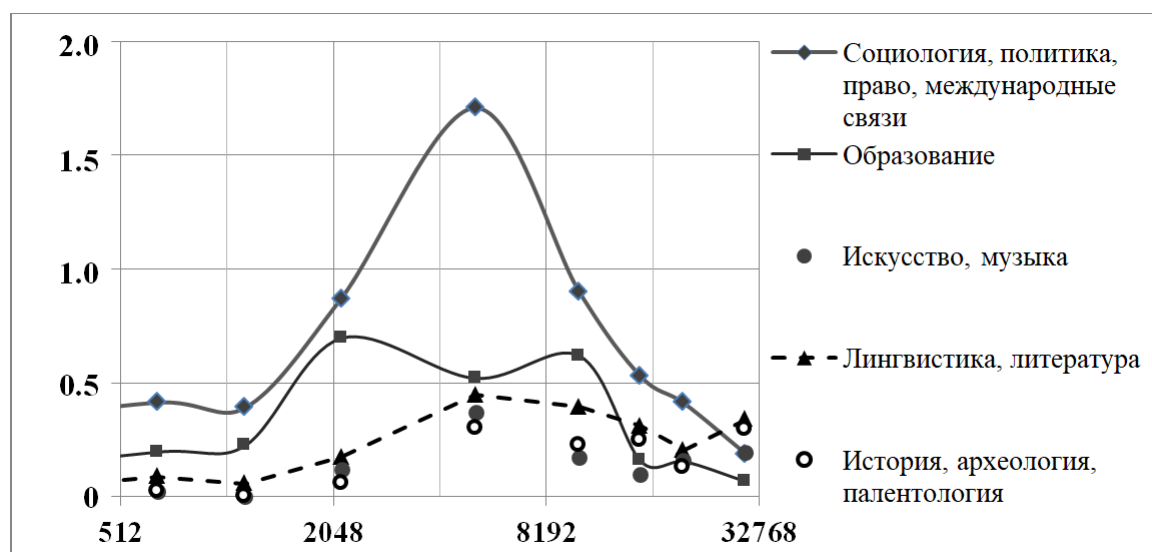


Рис. 3.16. Распределение доли журналов гуманитарной тематики с весом

Таблица 3.12. Суммарные показатели журналов по гуманитарным наукам

Наука	Средняя доля журналов в выборке, %	Доля журналов с учетом веса, %	Зона максимума средней доли, тыс.	Зона максимума / с весом, тыс.
Социология, политика, международные связи	4.8	5.0	0.5–15	2–10
Право	0.7	0.7	2–5; 15–20	2–20
Образование	2.5	2.7	0.5–10	2–10
Лингвист, литература	2.8	2.0	20–30	5–30
История, археология, палеонтология	2.0	1.3	25–30	5–30
Искусство, музыка	1.5	1.1	20–30	4–8
Философия, религия	1.1	0.7	25–30	15–30
Сумма	15.4	13.5		

Анализ данных за 1999 год и динамики выпуска журналов

Для лучшего понимания процессов, происходящих с публикационной активностью по различным тематикам, рассмотрим динамику выпуска различных журналов. Самые ранние данные в базе SCImago JR относятся к 1999 году. Тогда в ней было зарегистрировано 17 212 журналов, то есть почти в 2 раза меньше, чем 2018 году (31 970).

Распределение журналов D в выборках (в %), в зависимости от номера журнала в рейтинге SCImago JR, для био-медицинской тематики приведено на рис. 3.17, а с учетом веса (3.11) – на рис. 3.18.

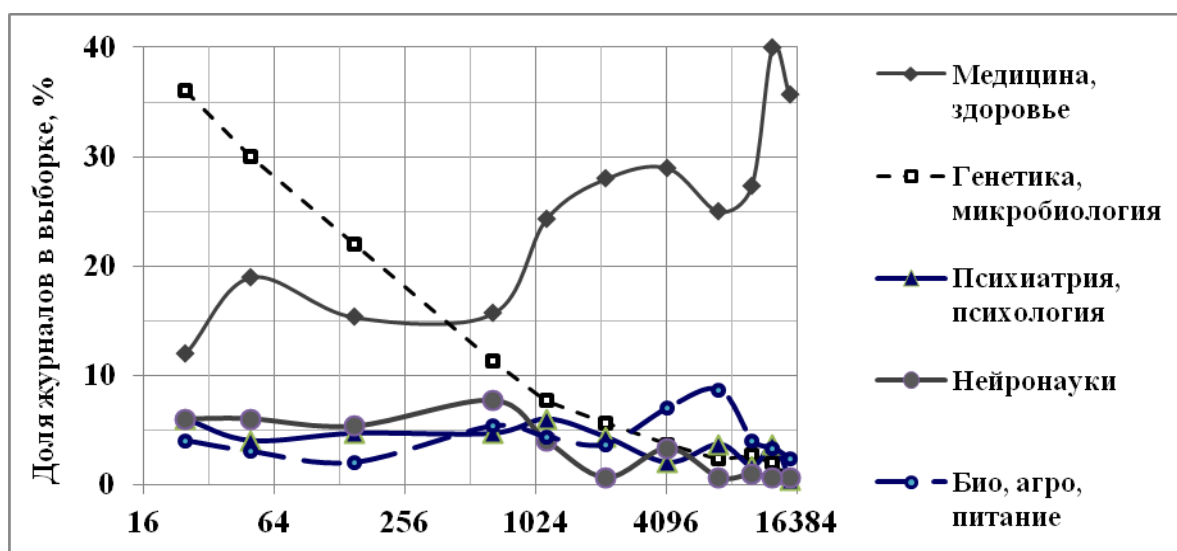


Рис. 3.17. Распределение долей био-медицинских журналов в 1999 г.

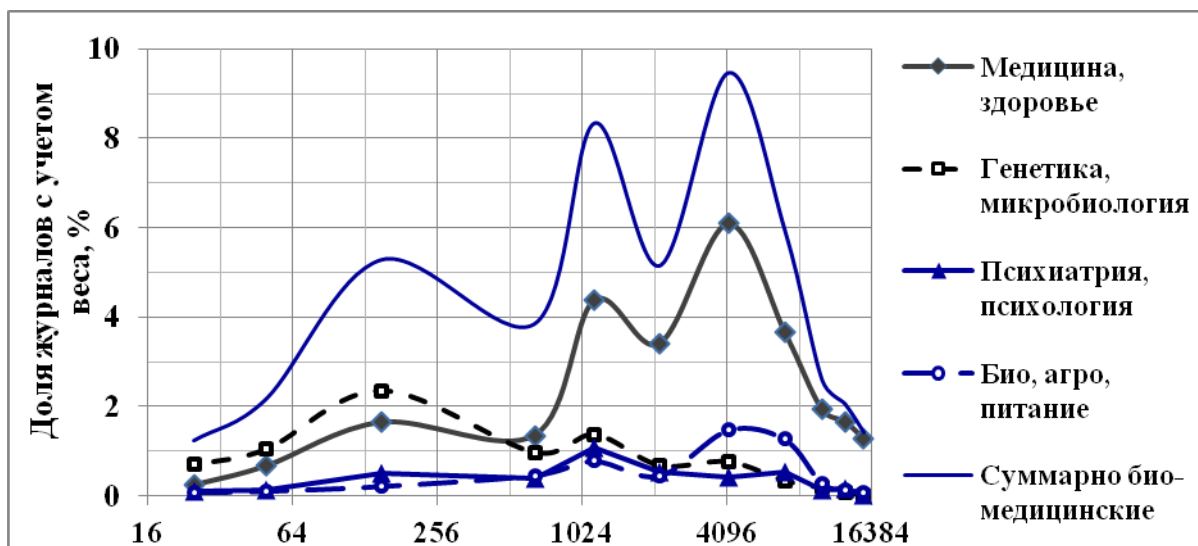


Рис. 3.18. Доля био-медицинских журналов с учетом веса в 1999 г.

Видно, что, в целом, по сравнению с 2018 годом картина изменилась достаточно мало. Однако максимумов био-медицинской тематики в 1999 году три, а не два, как в 2018 г. Максимум в области 1000-го журнала (рис. 3.18) к 2018 году сдвинулся в область больших номеров (рис. 3.10) и слился с максимумом в области 4000-го номера. Также максимум в 2018 году несколько больше. Увеличение числа журналов почти вдвое существенного влияния на публикационную картину «с весом» почти не оказало, поскольку журналы с номером свыше 16 000 имеют малый индекс Хирша. В целом, максимумы распределения по номерам журналов (из сравнения рис. 3.10 и рис. 3.18) остались на тех же местах, что и в 2018 г. (в области 300-го и 4000-го номеров). Это достаточно неожиданно – можно было ожидать, что в 2018 году они сдвинутся в область больших номеров, поскольку совокупность журналов значительно увеличилась.

Для более точного сравнения в табл. 3.13 приведены доли журналов био-медицинской тематики в 1999 и 2018 годах. Видно, что и по отдельным наукам, и суммарно относительно всей совокупности журналов изменения небольшие.

Таблица 3.13. Доля журналов био-медицинской тематики с учетом веса, %

Год	Медицина, здоровье, геронтология	Генетика, биохимия, микробиология	Психиатрия, психология	Нейро науки	Био, агро, питание	Суммарно био-медицинские
1999	25.4	6.8	3.7	3.0	5.1	44.1
2018	25.5	7.3	4.0	2.7	4.8	44.3

Несколько увеличилась доля генетики, биохимии, микробиологии (порядка 8% от 1999 года). Однако число журналов выросло на 86%, поэтому сохранение доли и позиций в числе передовых журналах свидетельствует о значительном росте данного научного направления.

В табл. 3.14 представлена динамика журналов по техническим наукам и экономике с весом в процентах от общего числа журналов за соответствующие годы. Видно, что их доля в составе соответствующих баз журналов сократилась примерно на 15%, однако с учетом роста числа журналов в 2018 году на 86%, число журналов по техническим наукам возросло примерно на 60%.

Наиболее сильно выросла доля журналов компьютерной тематики и ИИ (на 54%). Энергетическая тематика выросла на 100%, но ее доля относительно мала (1.4%).

Таблица 3.14. Доля журналов по техническим наукам и экономике с весом, %

Научное направление	Доля с весом, %		Рост, %	Области, %		Рост, %
	1999	2018		1999	2018	
Физика, астрономия	4.3	2.3	-47%	3.1	3.1	-1.7%
Техника	5.8	4.7	-19%	10.3	10.9	6.2%
Компьютерные, ИИ	5.4	8.3	54%	4.1	10.5	158%
Материаловедение	4.3	2.6	-40%	3.8	3.1	-19%
Химия	3.7	2.5	-32%	4.8	3.3	-31%
Нанотехнологии	0	0.2				
Энергетика	0.7	1.4	100%	1.3	1.9	54%
Математика, статистика	4.7	4.3	-9%	2.9	3.8	30%
Геонауки	5.8	4.2	-28%	4.4	2.7	-39%
Экология	5.2	2.9	-44%	4.1	3.0	-27%
Мультидисциплинарные	1.3	1.1	-15%	0.2	0.2	0
Сумма технических	40.4	34.5	-15%	38.8	42.4	9.2%
Экономика	6.7	8.0	19%	4.9	6.0	22%

Нанотехнологии в 1999 году вообще не идентифицировались (в 2018 их доля составила 0.2%). Все остальные направления технических наук относительно сократились, но с учетом роста числа журналов их публикационная активность выросла. Наиболее быстро сократилась доля журналов следующих тематик: физика и астрономия, экология, материаловедение (более чем на 40%).

Доля журналов экономической направленности выросла на 19%, а с учетом роста числа журналов произошел двукратный рост публикационной активности (с учетом веса журналов).

В табл. 3.15 приведена доля журналов гуманитарной направленности. Их доля в составе баз журналов увеличилась на 53%, что контрастирует с изменениями в технических науках, причем это в дополнение к 86% росту числа журналов.

Таблица 3.15. Доля журналов по гуманитарным наукам с весом, %

Наука	1999 г.	2018 г.	Изменение (от 1999 г.)
Проценты от числа журналов			
Социология, политика и др.	3.6	5.0	39%
Образование	1.5	2.7	80%
Лингвист, литература	1.1	2.0	82%
История, археология, палеонтология	1.2	1.3	8%
Искусство, музыка	0.41	1.1	168%
Философия, религия	0.58	0.7	21%
Право	0.38	0.7	84%
Сумма	8.8	13.5	53%

Наиболее быстро росли публикации по следующим наукам: искусство, лингвистика и литература, право, образование. Однако следует отметить, что их доля в составе научных журналов невелика, и они занимают, в основном в последней части списка журналов.

Для сравнения различных блоков наук в табл. 3.16 приведены их доли в составе журналов за 1999 и 2018 годы, а также данные об изменении долей этих блоков.

Таблица 3.16. Доля журналов различных блоков наук с весом, %

Блок наук	1999 г.	2018 г.	Изменение (от 1999 г.)
Проценты от числа журналов			
Био-медицинские	44.1	44.3	0.5%
Технические	40.4	34.5	–15%
Гуманитарные	8.8	13.5	54%
Экономические	6.7	8.0	19%
Всего журналов, тыс.	17.21	31.97	86%

Из табл. 3.16 видно, что сохраняется доминирование био-медицинских наук и снизилась доля технических наук. Выросли доли экономических и гуманитарных наук и вместе они теперь составляют 21.5% по сравнению с 15.5% девятнадцать лет назад, что свидетельствует о процессе ориентации науки на гуманиза-

цию. С учетом направленности био-медицинских наук на человека, это свидетельствует об отходе нашей цивилизации от технической доминанты. При этом не следует забывать, что в составе био-медицинских наук техническая компонента также велика.

3.2.4. Перспективы лидерства в технологической революции

Возвращаясь к вопросу о потенциале новых технологических революций, рассмотрим табл. 3.17, в которой даны характеристики основных претендентов на роль технологического лидера.

Таблица 3.17. Потенциальные лидеры технологического прогресса, %

Блок наук	1999 г.	2018 г.	Изменение (от 1999 г.)
Проценты от числа журналов			
Медицина, здоровье, геронтология	25.4	25.5	0.4%
Генетика, биохимия, микробиология	6.8	7.3	7.4%
Компьютерные и ИИ	5.4	8.3	54%
Экономические науки	6,7	8,0	19%
Экология	5.2	2.9	-44%
Энергетика	0.7	1.4	100%
Социология, политика и др.	3.6	5.0	39%
Образование	1.5	2.7	80%

Био-медицинское направление не проявило роста относительной доли научных журналов, однако их доля и так предельно велика, а также произошел 86%-ный рост числа журналов, в которых это направление занимает лидирующие позиции. Сам по себе фактор массовой и целеустремленной научной работы в этом направлении может привести к прорыву, тем более, что ведущее био-генетическое направление активно прогрессирует. Однако био-генетическое направление еще не созрело для лидерства в технологической революции, поскольку имеет ограниченную практическую готовность. В целом, био-медицинское направление наиболее перспективный кандидат в лидеры новой технологической революции. Это подкрепляется также очевидным спросом людей на улучшение качества и продолжительности жизни и готовностью платить за это.

Компьютерные (кибернетические) науки и искусственный интеллект, хотя и являются быстро развивающимся направлением, однако первая кибернетическая революция произошла примерно в 1960 году, и с тех пор данное направление развивалось эволюционно. Как показано в разделе 3.1. (рис. 3.3), за 60 лет экспоненциальной эволюции технические параметры кибернетических систем выросли более, чем на 10 порядков, и кроме того, резко выросло быстроедействие ком-

пьютеров. При этом доля научных журналов по данной науке относительно невелика. Значительного прогресса по данному направлению ожидать сложно.

Возникает вопрос о причинах возникновения идеи кибер-физической революции К. Шваба и ее обоснованности. За 60 лет технологического лидерства информационно-кибернетическая отрасль стала одной из наиболее крупных и прибыльных. В анализе производительности труда в девятнадцати отраслях США, проведенном лауреатом Нобелевской премии по экономике Робертом Солоу, было показано, что компьютеризация привела к росту прибыльности только в отрасли ИТ и связанных с ней³⁰³. Ясно, что отдавать свои позиции эта индустрия не станет и попытается найти новые возможности реализовать приобретенный потенциал.

Второй причиной для развития кибер-физического направления стало торможение темпов роста развитых стран на фоне опережающего роста развивающихся экономик в ходе догоняющего развития. На рис. 3.19 представлена динамика ВВП по паритету покупательной способности (ППС) для стран большой семерки G7 и семи развивающихся стран E7.

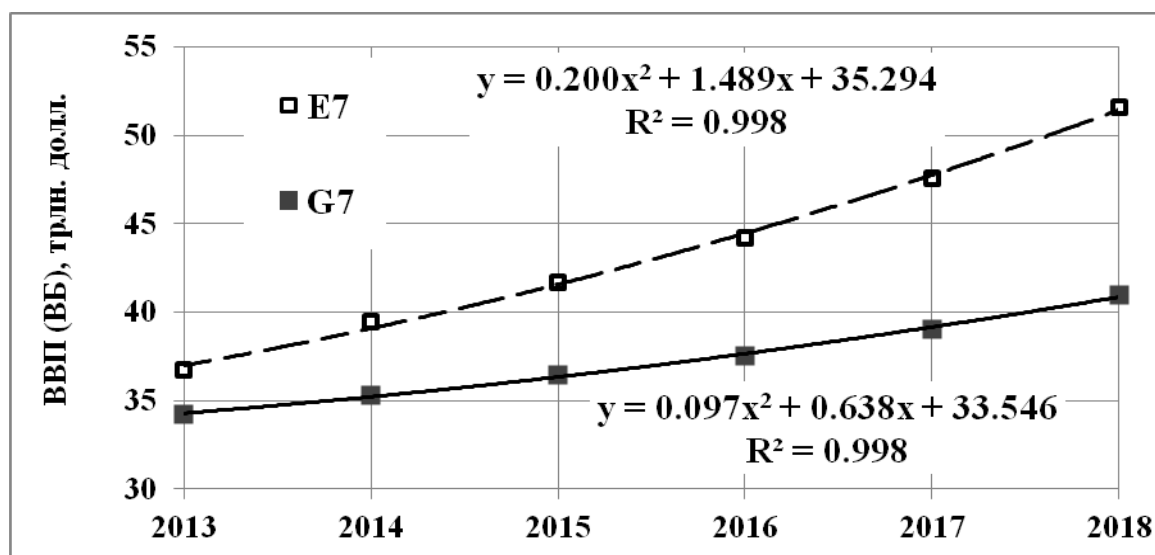


Рис. 3.19. Динамика ВВП для стран G7 и E7

Отрыв ВВП развивающихся стран от развитых ежегодно возрастает примерно на 1.6 трлн долл. При этом достоверность аппроксимации трендов очень высокая: 0,987 при линейной аппроксимации и 0.998 при квадратичной. Важно, что для стран E7 вдвое больше не только линейный, но и квадратичный член.

Низкая стоимость трудовых ресурсов в развивающихся странах стимулировала перенос в них производства из развитых стран и их экономический прогресс. Идея активизации производства в развитых странах на основе кибер-

³⁰³ Малинецкий Г.Г. Теория информационного взаимодействия С.П. Капицы и программа цифровой экономики России. Сб. докладов междунар. науч. конф. «Человеческий капитал в формате цифровой экономики». М.: Рособразование, 2018. С. 18.

физических технологий, фигурирующая в проекте Индустрии 4³⁰⁴, позволяет рассчитывать на изменение соотношения динамики развитых и развивающихся стран на противоположное. Однако реализация такого сценария событий сомнительна, поскольку развивающиеся страны уже накопили значительный экономический и научный потенциал.

На возникновение идеи кибер-физической революции повлияли и новые выдающиеся открытия в области информационных технологий: квантовые компьютеры, искусственный (мини) интеллект, цифровые платформы, социальные сети, компьютерный перевод, беспилотный транспорт, облачные технологии, быстрый Интернет, 3-D печать и др. Но достаточно ли этого для нового технологического рывка? Судя по активности научных исследований в ИТ области, это весьма сомнительно.

Энергетика – еще одно перспективное направление, о котором писал Jeremy Rifkin³⁰⁵, однако доля научных работ по данному направлению составляет 1,4% и, несмотря на быстрый рост, оно вряд ли может быть лидером технологической революции. На рис. 3.4 приведены данные о мировом производстве электроэнергии³⁰⁶. Видно, что в период с 1900 по 1960 год скорость роста была экспоненциальной. Согласно Н.Д. Кондратьеву, данный промежуток времени охватывает период в две длинные волны. Примерно после 1960 года, когда произошла кибернетическая революция, темпы производства электроэнергии перешли в режим более медленного роста. Сейчас маловероятно ожидать возврата к технологическому лидерству энергетического направления, которое очень ограниченно поддерживается наукой.

Экология и устойчивое развитие – еще одна перспектива, о которой сейчас идет активное обсуждение на международном уровне. Тема устойчивого развития представляется крайне актуальной^{307, 308, 309}, но научное участие в ее разработке в относительных размерах снизилось за 19 лет на 44%, поэтому маловероятно ожидать от этого направления технологического лидерства.

Противоречивость отношения к экологии связана с политическими и корпоративными особенностями крупнейших экономик³¹⁰. В частности, внешнее окружение западных компаний существенно отличается от российского с точки зрения ориентации на экологию. Россия является страной, богатой природными ресурсами, причем крупнейшие корпорации, как правило, работают в отраслях, связанных с их добычей и переработкой. Данная сфера при любых обстоятельст-

³⁰⁴ Хель И. Индустрия 4.0: что такое четвертая промышленная революция? Hi-News.ru. URL: <https://hi-news.ru/business-analitics/industriya-4-0-cto-takoe-chetvertaya-promyshlennaya-revolyuciya.html>

³⁰⁵ См. [203].

³⁰⁶ Мировая энергетическая статистика. Ежегодник 2016. <https://yearbook.enerdata.ru> Дата обращения 19.12.2017.

³⁰⁷ См. [7].

³⁰⁸ См. [17]

³⁰⁹ См. [3].

³¹⁰ Панфилова Е.А., Орехов В.Д., Шинкарёва О.В. Влияние корпоративных факторов на процессы рыночной капитализации российских компаний // Проблемы экономики и юридической практики. 2019. Т. 15, № 4. С. 54-62.

вах связана с загрязнением природной среды. Это не делает экологические факторы менее актуальными, но и рассчитывать на большие успехи в этом вопросе, требующие и больших вложений, применительно к России сложно.

С другой стороны, в США при конфликте интересов экологии и бизнеса на первое место нередко ставится бизнес. Это можно проследить на примере реализации программы добычи сланцевых природных ресурсов, которая приводит к значительно более высокому загрязнению среды, чем добыча обычной нефти или газа. Также США в 2017 году объявили о выходе из Парижского соглашения по климату – ключевой программе ограничения выброса парниковых газов и снижения темпов глобального потепления.

У европейских стран, которые активно отстаивают экологические принципы «устойчивого развития», другая позиция, в основе которой, кроме альтруизма, лежат и несколько прагматических факторов. Во-первых, высокая плотность населения. Например, в Великобритании на одного человека приходится 0.41 га территории, причем значительную ее часть занимают горы, в Германии – 0.43 га. Во-вторых, значительную часть своих природных ресурсов Старый Свет уже исчерпал и природную среду загрязнил, то есть они находятся в конце технологического процесса эксплуатации природных ресурсов и на практике ощущают негативные последствия этой ситуации. В-третьих, по одному из сценариев глобального потепления, Гольфстрим может перестать обогревать Европу, и ее климат резко похолодает, что является серьезной угрозой. Есть у европейских промышленников и расчет на развитие рынка экологических товаров и услуг с целью реализации своих технологических достижений в этой области.

Серьезный вес комплекса этих интересов в позиции европейского бизнеса и общественности ведет к тому, что именно экология находится на первом месте в составе ESG-факторов (environmental, social, governance), которые существенно влияют на возможности компаний привлекать финансовые ресурсы с международного рынка³¹¹.

Наконец, крупнейшие развивающиеся страны, такие как Китай и Индия, еще находятся в стадии индустриального развития и потому ограничены в возможностях адекватной охраны окружающей среды.

Все это не свидетельствует о реальности радикальной экологической революции в ближайшее время.

Экономические науки за последние 19 лет показали 19%-ный рост и занимают значительную долю в составе научных журналов. Причиной их популярности, вероятно, стало падение темпов роста мировой экономики в последние годы и прогнозы дальнейшего снижения^{312, 313}, что стимулирует поиск новых

³¹¹ Vashakmadze T. The impact of ESG factors on the future capitalization of the company. Empirical testing on the American stock market // Financial life. 2013. №4. P. 63 – 70.

³¹² См. [104].

³¹³ См. [106].

возможностей для роста таких, как инклюзивное развитие³¹⁴. Однако экономические науки играют вспомогательную роль и не могут радиально повысить производительность труда и рост экономики.

Гуманитарные науки, хотя и показали впечатляющий рост, но продолжают оставаться в блоке аутсайдеров и не могут играть роль лидера технологического развития.

Интересную позицию занимает образование. Его научная доля относительно мала (2.7%), но темп роста впечатляющий – 80% за 19 лет. Кроме того, есть значительная доля журналов, сочетающих образовательную и психологическую направленность, и поэтому они были отнесены к психологическим наукам (их 4%).

Особенность социально-экономического развития человечества за последние 100 лет заключается в том, что резко вырос вклад человеческого капитала в национальное богатство (рис. 3.20)^{315, 316}.

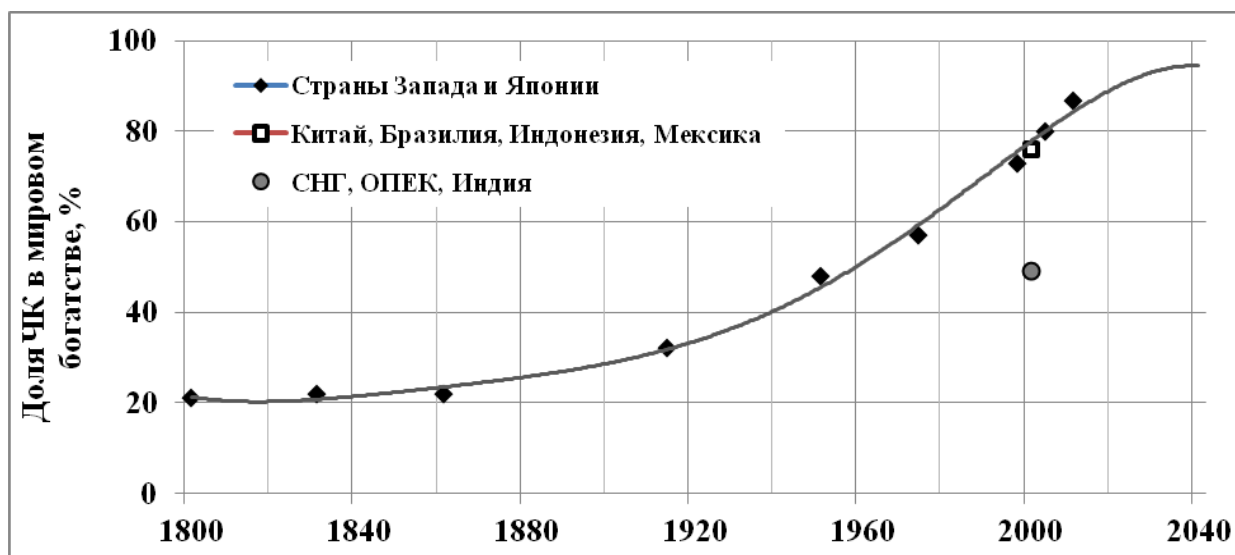


Рис. 3.20. Рост доли человеческого капитала в национальном богатстве

Ключевую роль в росте человеческого капитала играет образование^{317, 318}. Концептуальная модель его влияния на развитие экономики приведена на рис. 3.21³¹⁹. Таким образом, образование играет роль «усилителя» деятельности человеческого капитала и может существенно влиять на темпы экономического развития.

³¹⁴ Spence M. The Next Convergence: The Future of Economic Growth in a Multispeed World. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011. (Пер. с англ. А. Калинина, М., 2013. <http://rabkor.ru/culture/books/2013/06/06/spence/>)

³¹⁵ См. [100].

³¹⁶ См. [101].

³¹⁷ Schultz T.W. The Economic Value of Education. New York: Columbia University Press. 1963.

³¹⁸ Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. М.: Инфра-М, 2006.

³¹⁹ Shinkareva O.V., Orekhov V.D., Solodukha P.V., Prichina O.S., Gizyatova A.Sh. Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managing the Performance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. T. 9. # 13. С. 303-317.

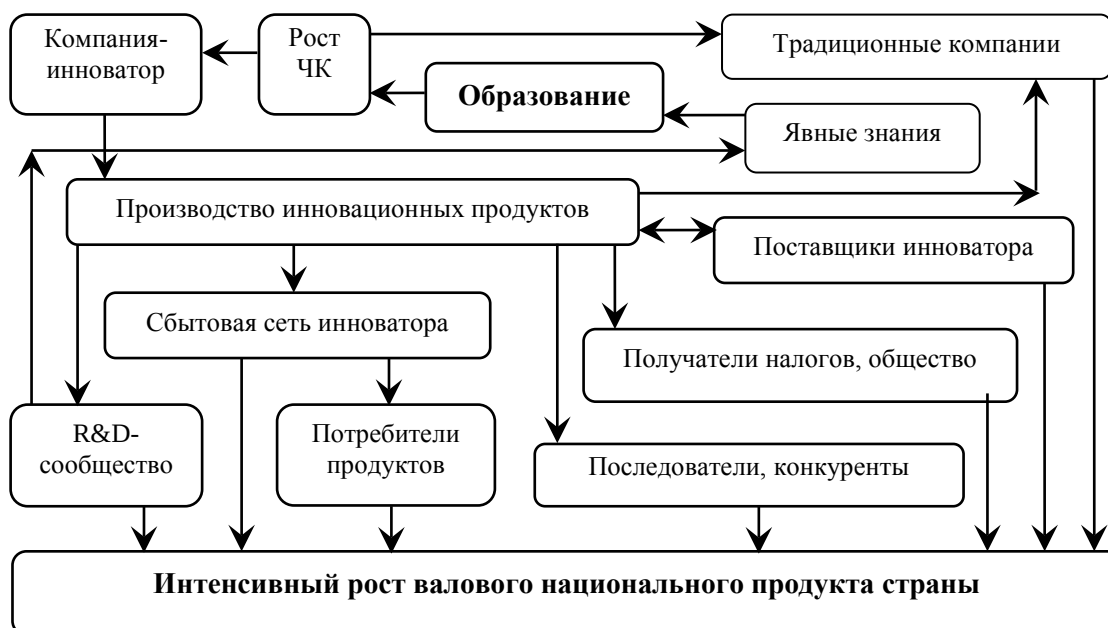


Рис. 3.21. Концептуальная модель влияния образования на экономическую динамику

С 1900 года количество студентов третичного образования в мире на 10 тыс. чел. выросло в 64 раза (рис. 3.22)^{320, 321}, что и обеспечило быстрый рост вклада человеческого капитала в мировое богатство.

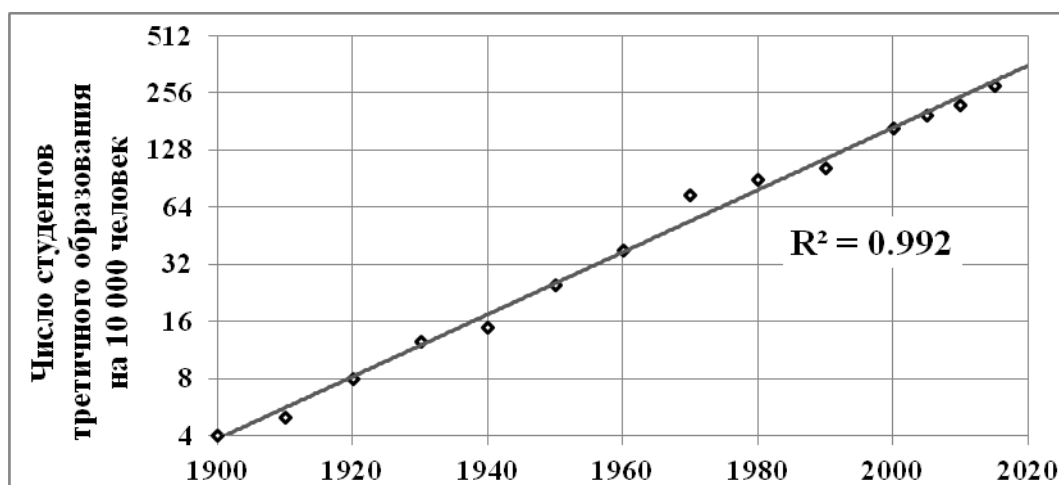


Рис. 3.22. Число студентов третичного образования в мире на 10 000 жителей

Отметим еще одно важное свойство образования – его влияние на вклад специалистов в производительность труда увеличивается экспоненциально, то есть очень быстро, по мере роста числа лет образования специалиста^{322, 323}. Эта

³²⁰ См. [83].

³²¹ Six ways to ensure higher education leaves no one behind. UNESCO Policy Paper 30, 2017. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247862>

³²² См. [102].

³²³ См. [1].

зависимость (образовательная экспонента), как показывает рис. 3.23, имеет вид³²⁴

$$J_E = 20.5 \cdot 10^{0.246 E}. \quad (3.12)$$

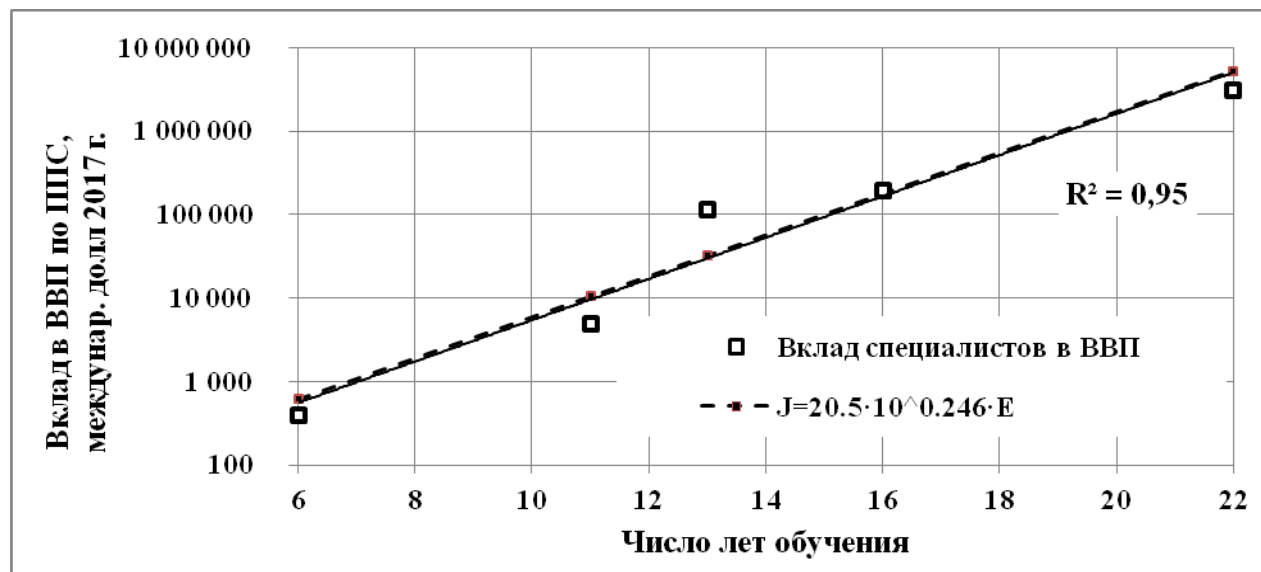


Рис. 3.23. Вклад в ВВП работников с различным образованием для 8 экономик

По мере исчерпания других ресурсов роста человеческого капитала, возможность резко повышать производительность труда специалистов за счет высокого уровня образования является очень привлекательной. Именно поэтому научные исследования в области повышения эффективности образования могут быть высоко востребованными. Отметим, что проект «Атлас новых профессий» по прогнозированию перспективных профессий на ближайшие 15–20 лет был реализован в 2014 году Агентством стратегических инициатив и Московской школой управления Сколково с использованием метода Форсайт³²⁵. Среди наиболее детально рассмотренных профессиональных областей «Атласа»: медицина, биотехнологии, образование. Результаты данной работы могут дать новый импульс к прогнозированию перспективных профессий.

Интересной является также возможность повышения производительности труда за счет организации работы групп высококвалифицированных специалистов. Однако на этом пути стоят сложные психологические проблемы организации труда таких команд³²⁶. Соответственно, научные исследования в этой сфере могут дать значительный экономический результат.

Отметим, что вторым важным фактором роста человеческого капитала является здравоохранение³²⁷. Таким образом, образование и медицина совместно

³²⁴ Orekhov V.D., Prichina O.S., Blinnikova A.V. et al. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. *Opicion*. 2019. T. 35. Special Issue 20. С. 2337-2357.

³²⁵ Лукша П., Лукша Е., Песков Д., Коричин Д. Атлас новых профессий. М.: Агентство стратегических инициатив, 2014. Skolkovo_SEDeC_Atlas.pdf

³²⁶ См. [180].

³²⁷ См. [100].

действуют в одном важнейшем для людей и экономического развития направлении – развитии человеческого капитала. Именно в этом направлении можно ожидать наиболее радикального прорыва в области технологического развития.

Эти выводы подтверждают исследования, проведенные группой ученых из Высшей школы экономики, которую возглавляли А.Л. Гринин и Л.Е. Гринин. По их мнению, «шестой технологический уклад будет характеризоваться прорывом в медицинских технологиях, способных объединить вокруг себя ряд других»³²⁸.

«Ведущим сектором в шестом технологическом укладе, на наш взгляд, станет медицина, в которую будут направлены огромные экономические и интеллектуальные ресурсы.

Это связано прежде всего с глобальным старением, ростом продолжительности жизни и необходимостью социализации и трудоустройства пожилых людей и инвалидов в условиях сокращения рабочей силы. Самые различные технологии будут направлены на поддержание и улучшение здоровья.

Уже сегодня в медицине зреют прорывные инновации, которые станут ощутимыми через два-три десятилетия (а некоторые и ранее). Современная медицина неразрывно связана с биотехнологиями, фармацевтикой, генной инженерией, индустриальной химией и другими отраслями.

Если посмотреть на динамику темпов роста заявок на изобретения по типам технологий для мира относительно 1985 г., очевидно, что медицинские технологии прорываются в лидеры»³²⁹ (рис. 3.24).

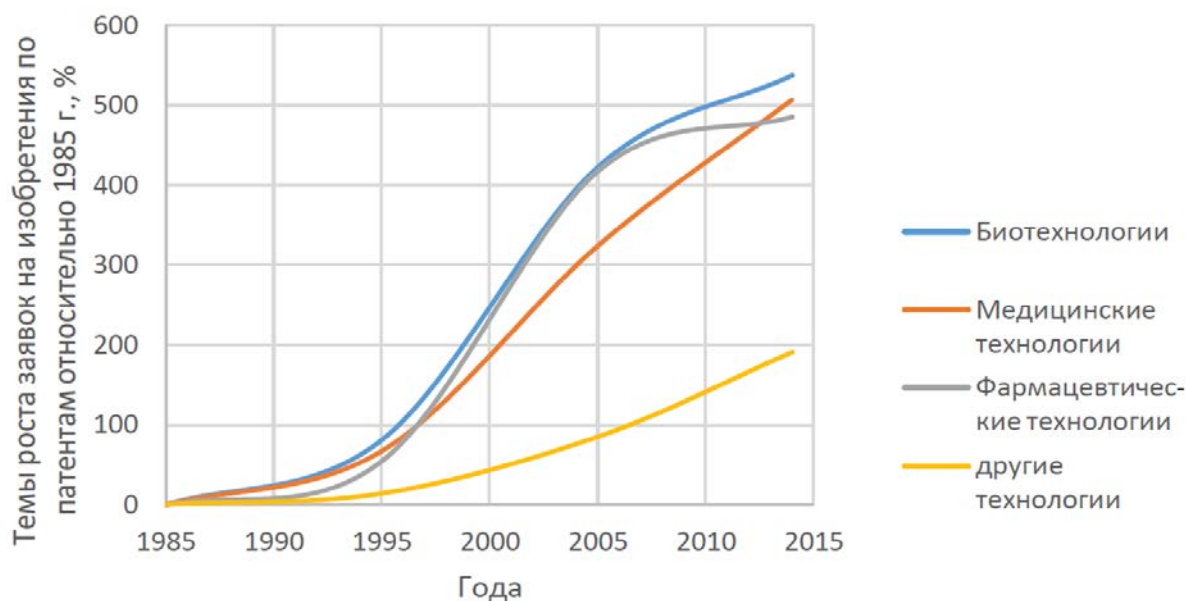


Рис. 3.24. Динамика темпов роста заявок на изобретения по типам технологий для Мира относительно 1985 г., 1985–2014 гг.

³²⁸ Гринин А.Л., Гринин Л.Е. Ведущие технологии шестого технологического уклада. 2017. URL: <https://www.researchgate.net/publication/323996170>

³²⁹ См.[314].

3.2.5. Обсуждение

В данном разделе используется идентификация инновационности наук по их позиции среди передовых журналов (высокие рейтинги и квартили). Наиболее инновационные (популярные) науки представлены в первой тысяче номеров согласно рейтингу SciMago JR, наиболее массовые 5–20-е тысячи и ординарные – свыше 20 тысяч применительно к базе 2018 года. Однако данное положение, хотя и относительно очевидно, но не имеет научного обоснования. Квартиль журнала свидетельствует о его цитируемости, востребованности, авторитетности, но не ясно, как эти показатели связаны с новизной – все статьи в таких журналах должны соответствовать критерию уникальности. Попытка выявить динамику востребованности различных наук не оказалась успешной ввиду временной ограниченности базы SCImago. В этом отношении алгоритм идентификации направлений технологической революции требует совершенствования.

Идентификация наук в некоторых случаях оказалась достаточно сложной, поскольку многие журналы действуют по нескольким направлениям. Возможно, в этом случае следовало бы относить журнал в различных долях к разным направлениям, но и в этом случае непросто разработать однозначный алгоритм. Также встречаются случаи, когда по названию журнал относится к одной науке, а по тематическим направлениям – к другим. Хотя доля таких журналов относительно невелика, но это вносит погрешности в точность идентификации изданий.

В данном исследовании не анализировалось количество статей в журналах, что, возможно, дает новые перспективы для уточнения весовых характеристик журналов. Но вряд ли это изменит принципиально позиции лидирующих направлений исследований.

Выводы

1. В работе представлены результаты разработки и тестирования на практике алгоритма прогнозирования тематики технологической революции с использованием анализа базы научных журналов SCImago JR за 1999 и 2018 годы.
2. Изучено влияние качественных характеристик журналов (индекс Хирша, рейтинг SJR, квартиль) на значимость ключевых тематик научного развития. Показано, что основной вклад в значимость тематик с учетом веса по индексу Хирша и численности играют журналы с 2000-го по 10 000 номер, хотя тематика первых 300 номеров важна для оценки новизны направления исследований.
3. Показано, что первое место по значимости занимает био-медицинская тематика (44.3%), которая включает в себя следующие науки (2018 год): медицина, здоровье, геронтология (25.5%); генетика, биохимия, микробиология (7.3%); психиатрия, психология (4%); нейронауки (2.7%); зоология, агронауки, продукты питания (4.8%).

4. К техническим наукам (кроме включенных в био-медицинские) с учетом веса относятся 34.5% журналов (в 1999 году их было 40.4%, но с тех пор число журналов увеличилось на 86%).
5. Высокую новизну в области естественных наук проявляет физико-астрономическое направление (2.3%), но его доля снизилась по отношению к 1999 году почти вдвое.
6. Среди технических наук первое место по значимости – 8.3% занимают компьютерные, включая искусственный интеллект (темп роста 54% с 1999 года). Однако максимум компьютерных наук приходится на номера в области 5–20-тысячных номеров, что не позволяет относить это направление к лидирующему.
7. Нанотехнологии пока представлены лишь в 0.2% научных журналов, а в 1999 году вообще не идентифицировались.
8. Достаточно высокую значимость и новизну имеет блок экономических наук (экономика, финансы, менеджмент, маркетинг, стратегия, инновации) – 8% (в 1999 году – 6.7%).
9. Доля гуманитарных наук с 1999 года увеличилась в полтора раза и составила 13.5%. Лидирует среди них блок социологических наук (5%). Относительно высокую востребованность имеют образовательные науки 2.7%, рост к 1999 году почти вдвое.
10. Содержательный анализ направлений научно-технического развития показывает, что ключевыми направлениями являются науки, нацеленные на рост человеческого капитала: медицина, образование, социология и другие. Именно в этом направлении наиболее вероятны революционные технологические прорывы.

Глава 4. Модели прогнозирования на основе интегральных индексов

4.1. Анализ характеристик Индекса

«Качество государственного управления»³³⁰

Глобальное панельное исследование «Качество государственного управления» (Quality of public administration – QPA) было проведено по методике World Bank (WB) экспертами WB³³¹ при финансовой поддержке World Bank. Индекс также известен под названием: Worldwide Governance Indicators (WGI). Содержание исследования отражается шестью субиндикаторами, которые определяют характеристики QPA, приведенные ниже³³².

1. Право голоса и подотчетность властей (Voice and Accountability).
2. Стабильность и отсутствие насилия (Political Stability and Absence of Violence).
3. Эффективность правительства (Government Effectiveness).
4. Качество законов (Regulatory Quality).
5. Верховенство закона (Rule of Law).
6. Противодействие коррупции (Control of Corruption).

Важным принципом, заложенным в рейтинге «Качество государственного управления», является нормативное видение, согласно которому чем выше качество/эффективность государственного управления в стране, тем лучше возможности ее экономического развития. Однако примеры динамики различных стран, особенно развивающихся, нередко не соответствуют данной позиции. Возникает вопрос: не является ли данный случай примером известного в экономической науке парадокса, когда причина принимается за следствие и наоборот³³³. Возможно, хорошее государственное управление является следствием успешного экономического развития.

И здесь можно воспользоваться преимуществами глобального рейтинга QPA, поскольку он охватывает своими агрегированными показателями более 200 стран. Это позволяет проводить широкие панели научных исследований в динамике и в межгосударственном масштабе³³⁴. Сопоставление рейтинга QPA с другими глобальными индексами^{335, 336, 337} может позволить выявить их взаи-

³³⁰ Результаты, представленные в данном разделе, доложены на XIX International Social Congress (ISC-2019), Москва, РГСУ. Авторы: Причина О.С., Орехов В.Д., Панфилова Е. А.

³³¹ Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M. Quality of public administration. Humanitarian encyclopedia: Research [Electronic resource] // Center for humanitarian technologies, 2006–2019 (last edition: 23.04.2009). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/governance-matters/governance-matters-info>

³³² Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M. The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues World Bank Policy Research Working Paper. 2010, No. 5430. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1682130

³³³ McConnell K.R., Bru S.L. Economics, 16th ed. Moscow: Infra-M, 2006. P. 12.

³³⁴ Bedane B., Alam R., Kitenge E. Government Effectiveness and Economic Growth. Economics Bulletin. 2017. 37. 222-227.

³³⁵ Pere E. The impact of good governance in the economic development of Western Balkan countries. European Journal of Government and Economics. 2015. 4. 25-45. 10.17979/ejge.2015.4.1.4305.

мозависимость и области индивидуальной диагностики каждого из них с тем, чтобы в дальнейшем сформировать единую систему базовых показателей социально-экономического развития различных стран и кластеров стран, различающихся своими характеристиками.

Проведение такого сравнения также открывает перспективу использования рейтинга QPA и его субиндексов для формирования когнитивной модели развития стран с учетом концептов государственного управления.

С этой целью в данном разделе проведено сопоставление Индекса «Качество государственного управления» с такими показателями, как ВВП на душу населения стран, темп роста ВВП, «Индекс счастья», «Благоприятность ведения бизнеса», «Индекс глобальной конкурентоспособности».

4.1.1. Методика исследования

Целью данного исследования является выявление новых целевых ориентиров и сфер применения показателей качества государственного управления, полученных в рамках глобального рейтинга «Quality of public administration».

Для изучения закономерностей влияния качества государственного управления на социально-экономические процессы в стране первоначально были выбраны три группы стран, а именно: большая семерка (G7), семерка быстро развивающихся стран (E7), а также семь стран, которые в последнее время подвергались санкциям или военному давлению (SW7). Для суммирования отдельных показателей вычислялось среднее арифметическое значение показателей качества государственного управления. Далее мы будем сокращенно обозначать рейтинг «Качество государственного управления» и соответствующие рейтингу цифровые показатели – QPA. Для устранения влияния «нефтяного проклятия»³³⁸ была построена другая выборка из 60 стран, из которой исключили страны группы SW7. В составе выборки 30 стран с наибольшим ВВП в мире, 40 – с наибольшей численностью населения и часть стран бывшего СССР. Логика формирования выборки связана с исключением из нее стран, которые могут создать «информационный шум». Малые по ВВП и численности населения страны могут иметь высокий ВВП на душу населения (сокращенно – ВВП/Д) за счет неэкономических факторов, включая дотации крупных партнеров. Кроме того, нелогично включать их в график с единым весом, что и другие страны. Включение в выборку постсоветских стран позволяет контролировать адекватность оценок качества государственного управления, поскольку ситуация в этих странах относительно хорошо известна авторам. Кроме того, такая структура выборки позволяет относительно равномерно заполнить ее странами с различными значениями показателя QPA, от минимального до максимального, включая средние.

³³⁶ Brewer G., Choi Y., Walker R.. Accountability, Corruption and Government Effectiveness in Asia: An Exploration of World Bank Governance Indicators. //International Public Management Review electronic Journal. 2008. 8. 10.DOI 1016/S0732-1317(08)17012-9

³³⁷ Hartley K., Zhang J. Measuring Policy Capacity Through Governance Indices. 2018. DOI 10.1007/978-3-319-54675-9_4.

³³⁸ Girod D., Walters M.. Imperial Origins of the Oil Curse. Journal of Arabian Studies. 2018.8. 13-28. 10.1080/21534764.2018.1546930.

В качестве откликов на качество государственного управления, прежде всего, был использован показатель ВВП/Д по паритету покупательной способности (ППС)³³⁹, поскольку именно этот параметр в наибольшей степени концентрированно отражает успешность деятельности государства и благосостояние населения; использовались данные Всемирного банка на 2018 г.

В качестве второго отклика на показатель качества государственного управления были выбраны темпы роста ВВП по ППС. Для этого использовались данные о среднем темпе роста ВВП по ППС в период с 1990 по 2018 г.³⁴⁰ (с учетом инфляции).

Кроме того, в качестве откликов использовались:

- Рейтинг стран мира по уровню счастья, рассчитываемый ООН, или «Индекс счастья»³⁴¹.
- Рейтинг благоприятности условий ведения бизнеса (BER – Business Environment Rankings 2014–2018)³⁴².
- Индекс глобальной конкурентоспособности (GCI), формируемый Всемирным экономическим форумом³⁴³.

4.1.2. Взаимозависимость QPA и показателей ВВП

Результаты оценки влияния качества государственного управления на ВВП/Д для выборок G7, E7, SW7 представлены на рис. 4.1. Светлыми маркерами обозначены: Россия – квадрат, Китай – треугольник, Индия – ромб и США – кружок. По представленным точкам на рис. 4.1 построены две линии тренда – по полиномам второй и четвертой степени.

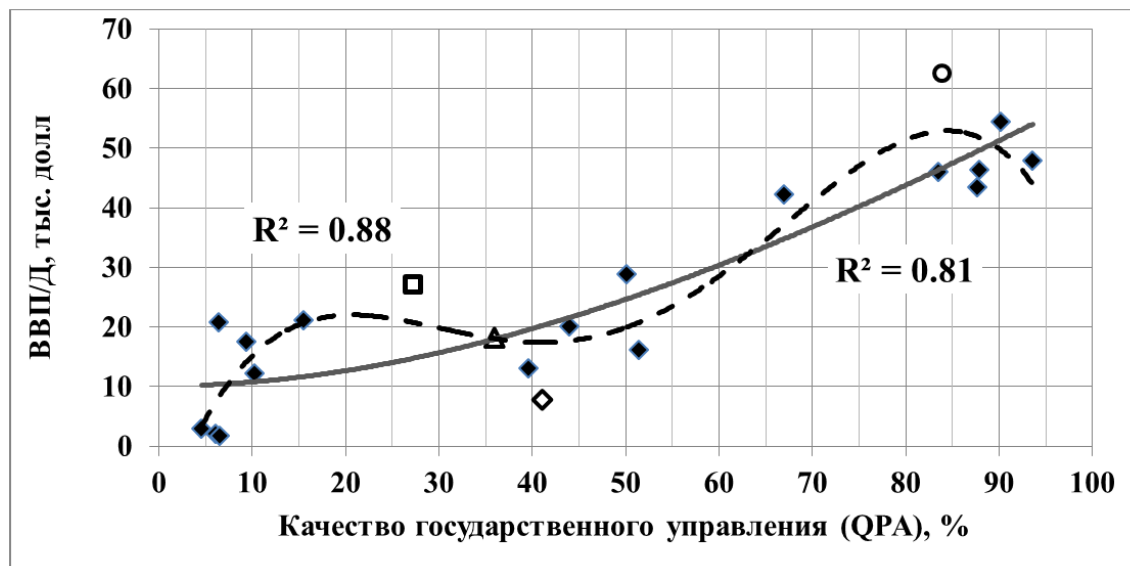


Рис. 4.1. Зависимость ВВП/Д от качества государственного управления

³³⁹ List of countries by GDP (PPP) per capita. URL: <https://ru.wikipedia.org> (accessed 02.08.2019).

³⁴⁰ List of countries by GDP growth rate. URL: <https://ru.wikipedia.org> (accessed 03.08.2019).

³⁴¹ Helliwell J., Layard R., & Sachs J. World Happiness Report 2019. New York: Sustainable Development Solutions Network. 2019. URL: <https://s3.amazonaws.com/happiness-report/2019/WHR19.pdf>

³⁴² Rating of the countries of the world in terms of favorable business conditions in 2014 – 2018. Economist Intelligence Unit [Electronic resource] // Center for Humanitarian Technologies. URL: <https://gtmarket.ru/news/2014/05/26/6784>

³⁴³ The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum. URL: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018>.

Видно, что достоверность аппроксимации полиномом 4-й степени 0.88 близка к 0.9, то есть вполне достаточна. Три выборки G7, E7, SW7 четко дифференцированы (справа налево) по показателю QPA, хотя позиционно Россия близка к группе SW7. По построенным данным можно утверждать, что в среднем увеличение качества гос. управления ведет к росту ВВП на душу населения. Однако «ложбина» в районе показателя качества гос. управления $QPA = 30\text{--}60\%$, при аппроксимации полиномом 4-й степени, представляет собой интересный феномен.

В менеджменте известна концепция стилей руководства³⁴⁴, согласно которой во многих ситуациях автократический стиль руководства обеспечивает наивысшую производительность³⁴⁵. Хотя данная теория разработана применительно к организациям, она в некоторой мере может быть спроецирована и на целые страны.

Кривая с двумя максимумами на рис. 4.1, в определенной мере, связана с тем, что из выборки SW7 четыре страны являются нефтедобывающими (Иран, Ирак, Ливия, Венесуэла). Соответственно, у них достаточно высокий ВВП/Д, несмотря на низкое качество государственного управления. Это оказывает влияние на формирование первого максимума отклика и, возможно, искажает естественную зависимость.

Результаты оценки влияния качества государственного управления на ВВП/Д для выборки M60 представлены на рис. 4.2. Видно, что эффект «ложбины» в области качества гос. управления $QPA = 20 \div 50$ и даже до $QPA = 60$ сохранился, хотя и в менее выраженном виде. Достоверность аппроксимации ниже, чем в выборке G7, E7, SW7, что вполне объяснимо, поскольку больше скачивается разброс данных из-за включения в выборку множества относительно малых стран.

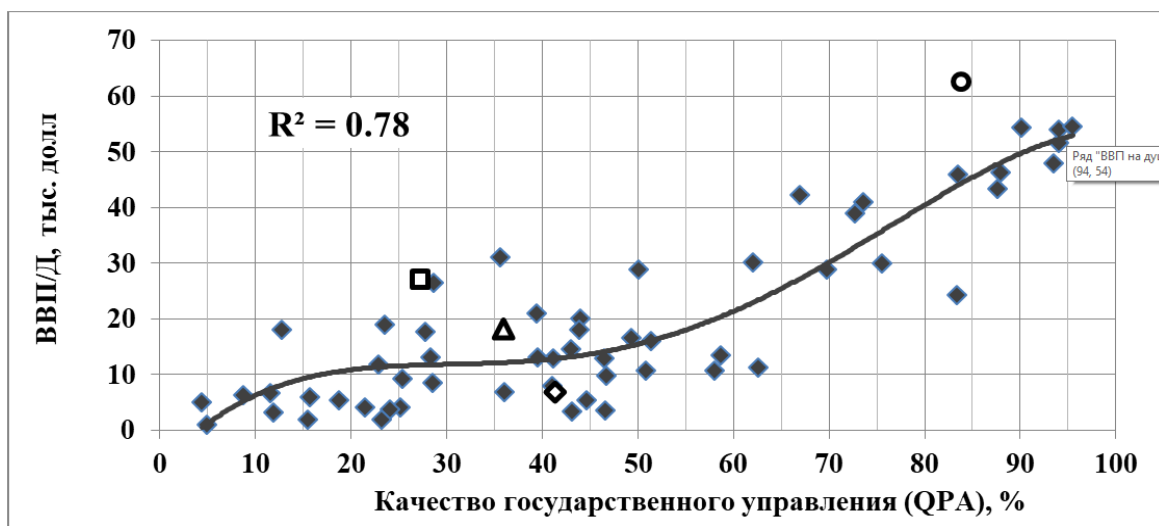


Рис. 4.2. Зависимость ВВП/Д от QPA для стран группы G60

³⁴⁴ Thompson R. Leadership and power. Book 7. Tutorial: TRANS. with English / – Zhukovsky: MIM LINK, 2008. 119 p.

³⁴⁵ White R., Lippitt R. Leader behavior and member reaction in ththree “social climates”, in Cartwright, D. and Zander, A. (eds) Group Dynamics, Tavistock.,1983.

Если считать данную зависимость ВВП на душу населения от QRA достоверной, то для России улучшение качества гос. управления вдвое практически не приведет к повышению ВВП на душу населения. С другой стороны, двукратное отклонение России от линии тренда требует объяснения.

Была также проанализирована зависимость ВВП/Д от компонент качества государственного управления. Анализ показал, что, в основном, зависимость ВВП/Д от компонент QRA имеет такой же характер, как и от суммарного показателя. При этом достоверность аппроксимации для полинома 4-й степени составляла $R^2 = 0.72 \div 0.77$. Исключение составлял вариант зависимости от показателя «Стабильность и отсутствие насилия» (рис. 4.3).

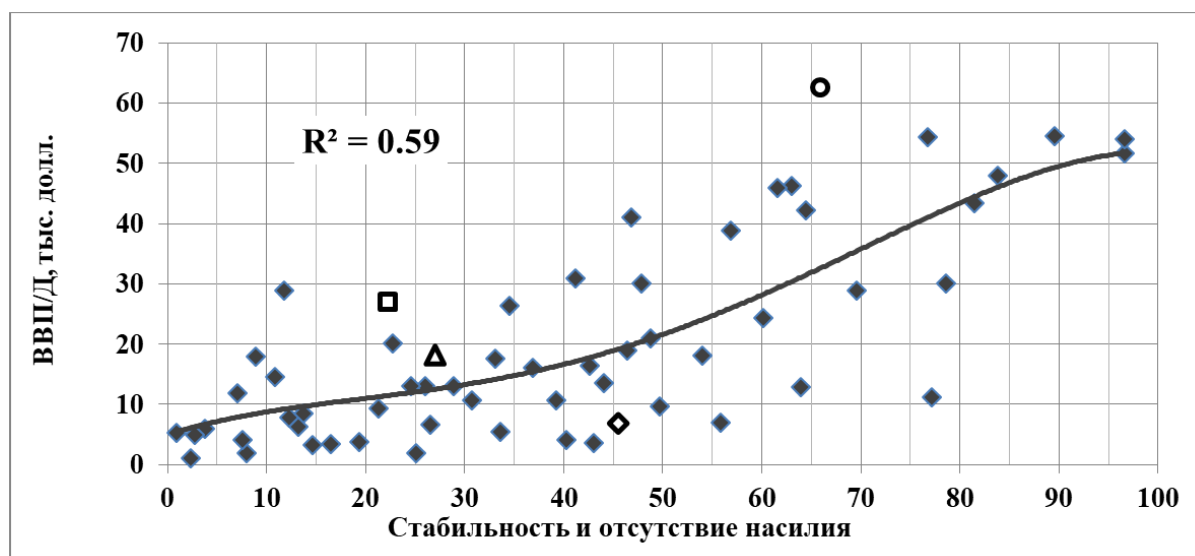


Рис. 4.3. Влияние фактора «Стабильность и отсутствие насилия» на ВВП/Д

Его особенность заключается в большем разбросе точек ($R^2 = 0,59$), а также в том, что горизонтальный участок кривой практически отсутствует. С одной стороны, это означает, что стабильность является одним из наиболее существенных для величины ВВП/Д, а с другой стороны, значения параметра стабильности наиболее низкие среди других показателей. В среднем по выборке М60 он составляет 40%, тогда как другие расположены в диапазоне $45 \div 51\%$. Даже для США этот показатель равен 66%, тогда как остальные показатели для США находятся в диапазоне $85 \div 91\%$. Сравнение рис. 4.2 и 4.3 показывает, что по показателю стабильности и отсутствия насилия наблюдаются страны, которые имеют высокую стабильность и, тем не менее, низкий ВВП на душу населения.

Можно также отметить, что показатель «Право голоса и подотчетность государства» не оказывает влияния на ВВП/Д даже при практически нулевых значениях показателя (рис. 4.4). Особенно показателен пример Китая. Конечно, на данный отклик (ВВП/Д) влияет большое число аргументов, но если даже столь большое отклонение от нормативного варианта не оказывает заметного влияния, то возникает вопрос, в какой мере важен этот показатель? Аналогично влияет и «Качество законодательства». В качестве второго отклика на качество государ-

ственного управления выбран показатель – темп роста ВВП. Для этого использовались данные о среднегодовом темпе роста ВВП за вычетом инфляции с 1990 по 2018 год. Соответствующая зависимость для выборки М60 показана на рис. 4.5.

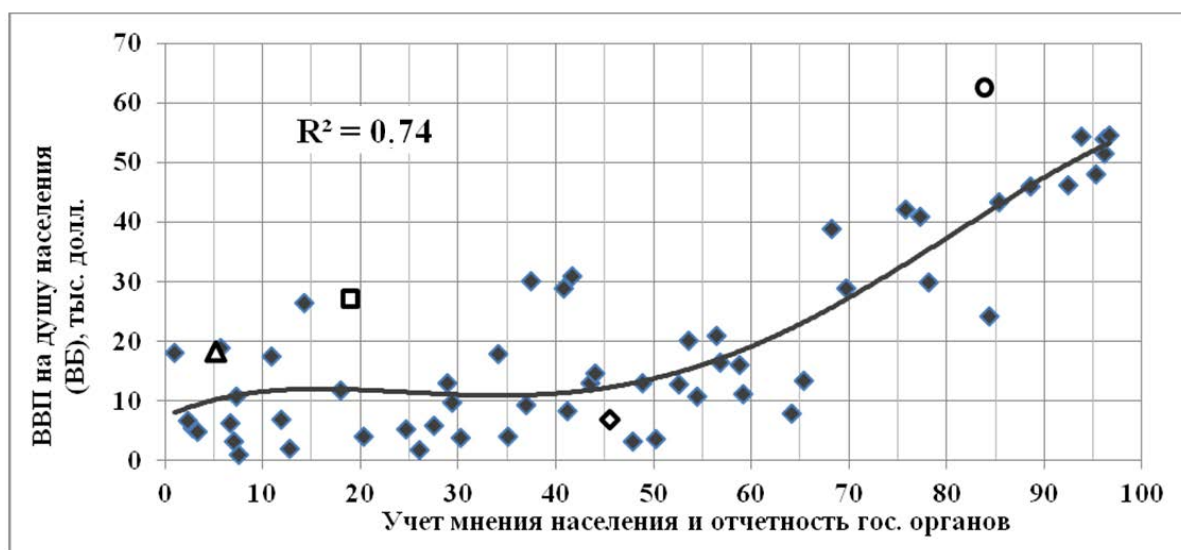


Рис. 4.4. Влияние фактора «Право голоса и подотчетность государства»

Как видно из рис. 4.5, уровень темпов роста за этот период составляет, в среднем, около 4%, и колеблется от 0.22% в год для Украины до 9.7% для Китая. Достоверность аппроксимации является крайне низкой ($R^2 = 0.05$), то есть статистически закономерного влияния качества государственного управления на темпы роста ВВП не выявлено. Увеличение степени полинома тренда незначительно улучшает достоверность аппроксимации.

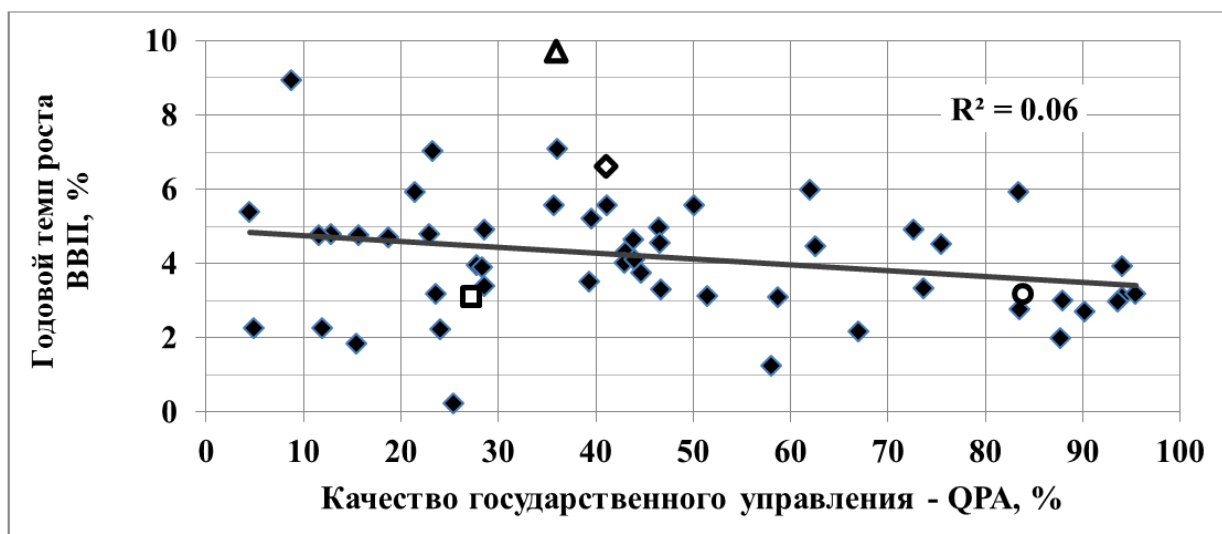


Рис. 4.5. Влияние QPA на рост ВВП на душу населения

С повышением качества государственного управления темп роста имеет небольшую тенденцию к снижению, что связано с более высоким абсолютным уровнем ВВП для соответствующих стран. Повышение качества управления также ведет к снижению разброса темпов роста для разных стран.

Влияние стабильности и отсутствия насилия на темпы роста проиллюстрировано на рис. 4.6. Наибольшие темпы роста наблюдаются при минимальной стабильности и высоком уровне насилия, что достаточно неожиданно. Другие компоненты качества гос. управления не оказывают статистически значимого влияния на темпы роста. В целом можно констатировать, что темпы догоняющего развития несущественно зависят от QPA.

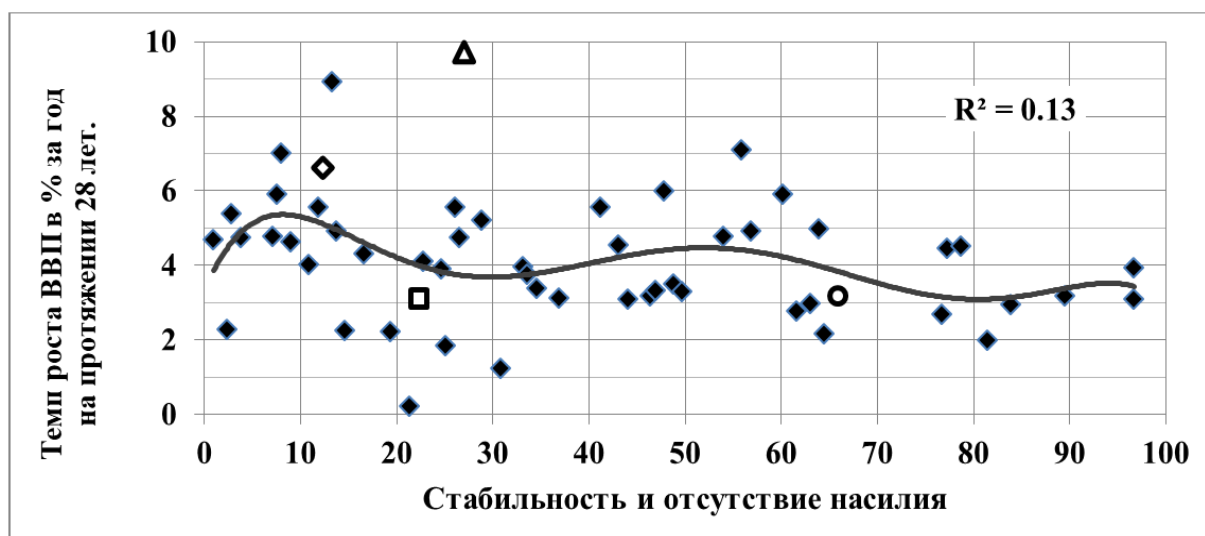


Рис. 4.6. Влияние стабильности на темп роста ВВП

Поскольку влияние качества государственного управления на ВВП/Д и рост ВВП оказались недостаточно соответствующими нормативному представлению об их положительном влиянии, интересно обратить внимание на то, какие факторы влияют на них. Анализ факторов, влияющих на ВВП стран, проведен с использованием метода когнитивного моделирования^{346, 347}.

³⁴⁶ Мельник М.С., Орехов В.Д., Причина О. С. Моделирование тенденций и закономерностей трудовой деятельности в России: когнитивный подход // Проблемы экономики и юридической практики. 2018, № 3. С. 94-101.

³⁴⁷ Prichina O., Piel H., Solodukha P., Orekhov V. Investigation of Managed External and Intercoming Processes in Conditions of Global and Uncertainty. Economic and Social Development (Book of Proceedings). 34th International Scientific Conference on Economic and Social Development. Pp. 860–872. <https://publons.com/publon/30475877>



Рис. 4.7. Схема взаимного влияния концептов FCM

Сформированная когнитивная матрица данной системы обработана на электронной системе поддержки решений ИГЛА³⁴⁸, что позволило получить схему (альфа-срез на уровне отсечения 75%) взаимного влияния концептов (отрицательное влияние выделено пунктиром), которая приведена на рис. 4.7. Несложно заметить, что концепты этой системы практически не пересекаются с характеристиками качества государственного управления, рассмотренными выше. Отчасти только концепт «инфраструктура» связан с государственным управлением.

4.1.3. Взаимозависимость QPA и других рейтингов

Рассмотрим, как влияет качество государственного управления еще на один показатель качества жизни населения — «Рейтинг стран мира по уровню счастья»³⁴⁹, рассчитываемый ООН, или «Индекс счастья». В этом рейтинге учитываются следующие компоненты, большая часть которых определяется с помощью опроса жителей:

1. ВВП на душу населения по ППС в международных долл. 2011 года.
2. Продолжительность прогнозируемой здоровой жизни.
3. Наличие социальной поддержки от общества или родственников.
4. Свобода делать жизненный выбор.
5. Великодушие, поддержка других людей.
6. Наличие коррупции в правительстве и бизнесе.
7. Наличие положительных чувств: удовольствия, радости, счастья.
8. Наличие в жизни негативных чувств: беспокойства, печали, гнева.

³⁴⁸ См. [277].

³⁴⁹ См. [327].

Для выборки G60, зависимость «Индекса счастья» 2019 г. от «Качества государственного управления» QPA приведена на рис. 4.8 (оценки «Индекса счастья» переведены с 10-балльной системы в проценты). Видно, что и в этом случае имеется значительный диапазон $QPA = 0 \div 60\%$, в котором величина QPA не влияет на «Индекс счастья». При $QPA > 70\%$ «Индекс счастья» относительно монотонно увеличивается, в среднем, от 50 до 70%.

Подводя итоги проведенного анализа влияния качества государственного управления на различные показатели успешности жизни страны и граждан, отметим, что согласно конституции, государство должно выполнять ряд функций, обеспечивающих жизнь людей в благоприятных условиях. Оно должно защищать права своих граждан от посягательств на их свободу, честь, жизнь и собственность, обеспечивать оборону страны и борьбу с преступностью. Необходимо также создать условия для деятельности бизнеса и приобретения жилья; обеспечивать охрану здоровья, пенсионные выплаты, образование населения и возможности отдыха.

Если мы сопоставим краткий перечень основных функций государства с индикаторами качества государственного управления в рассмотренном выше исследовании (табл. 4.1), то заметим значительное расхождение функций с индикаторами.

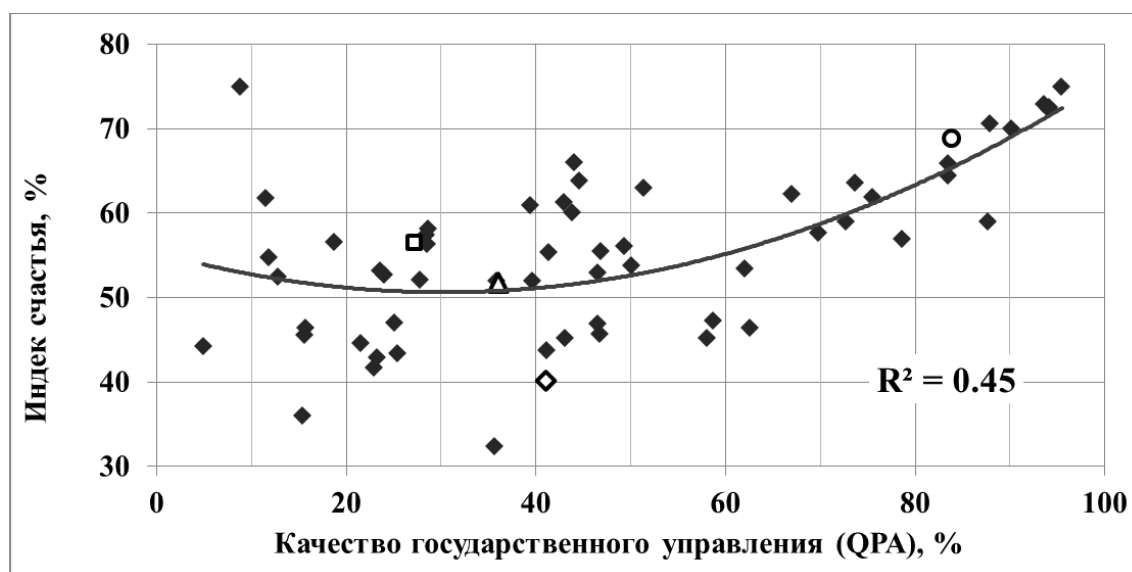


Рис. 4.8. Влияние качества государственного управления на «Индекс счастья»

Таблица 4.1. Функции государственного управления

Функции по конституции	Индикаторы в исследовании
Оборона	Стабильность и отсутствие насилия
Защита прав и свобод людей	Качество законодательства
Борьба с преступностью	Борьба с коррупцией
Охрана здоровья	Верховенство закона
Пенсионное обеспечение	Право голоса и подотчетность государства
Образование населения	
Условия для бизнеса	Эффективность деятельности правительства
Возможности отдыха	

Таким образом, соответствие системы индикаторов QPA системным целевым функциям государства выглядит весьма спорно. С другой стороны, как было показано выше, показатель качества государственного управления для большинства стран (при QPA < 70%) не оказывает заметного влияния ни на величину ВВП/Д, ни на рост ВВП (по ППС), ни на «Индекс счастья». В результате возникает вопрос о целях разработки данного рейтинга, на что прямого указания в методике исследования нет³⁵⁰.

Более детальный анализ этого вопроса показывает, что данное исследование (Рейтинг) проведено с целью анализа влияния качества государственного управления на инвестиционные риски, и именно поэтому инициатором разработки является Всемирный банк. Нужно отметить, что стандартными атрибутами различных рейтингов, как и исследований, являются следующие³⁵¹:

1. Наличие в названии указания на предназначение исследования.
2. Представление его цели.
3. Указание потребителей исследования.
4. Представление концепции.

В рейтинге «Качество государственного управления» все эти позиции не получили достаточного отражения. Если остановиться на предположении, что целью исследования является оценка правительственных рисков для инвесторов, то ситуация становится более понятной, хотя и в этом случае было бы уместно менее завуалированно трактовать задачи, на выполнение которых нацелены шесть индексов исследования, как это показано в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Задачи, выполняемые индексами качества гос. управления

Названия индикаторов исследования	Задачи индексов
Право голоса и подотчетность государства	Выборность правительства, свобода ассоциаций и СМИ
Стабильность и отсутствие насилия	Риск дестабилизации и отстранения правительства
Эффективность деятельности правительства	Качество разработки политики государства и ее независимого осуществления
Качество законодательства	Разработка законодательства, которое способствует развитию бизнеса
Верховенство закона	Соблюдение в стране прав собственности и исполнения контрактов
Борьба с коррупцией	Недопущение властями коррупции и попадания властных структур под влияние элит и частных лиц

Чтобы проверить приемлемость использования исследования «Качество государственного управления» для целей оценки инвестиционных рисков, было

³⁵⁰ См. [318].

³⁵¹ Orekhov V.D. Disadvantages and features of business school ratings. Business Education M.: RABO. 2006, No. 2 (21).

проведено сопоставление его результатов с данными глобального исследования по благоприятности условий ведения бизнеса³⁵². Каждая страна оценивается в рейтинге BER с использованием 10 основных субиндексов, включая политическую и макроэкономическую стабильность, рыночные возможности, политику свободного рынка и конкуренции, инвестиционную политику, систему контроля внешней торговли и валютного курса, систему налогообложения, финансовую структуру, рынок труда и инфраструктуру.

Сопоставление показателей качества государственного управления и благоприятствования ведению бизнеса представлено на рис. 4.9 (оценки BER переведены из 10-и балльной в %). В данном случае выборка, в основном, соответствовала той, что представлена в исследовании BER, но было исключено 6 наиболее малых экономик. На рис. 4.9 по полученным точкам проведен линейный тренд.

Видно, что зависимость между рейтингами BER и QPA практически линейная, причем достоверность аппроксимации достаточно высокая ($R^2 = 0.84$). Характерно, что точки рейтинга BER для России, Китая, США и Индии выше линии тренда, что, видимо, связано с размерами соответствующих рынков. Несмотря на то, что показатель качества госуправления (QPA) для России в три раза ниже, чем для США, показатель BER меньше примерно в полтора раза. Вероятно, это можно трактовать как завышенную жесткость показателя качества государственного управления. Штриховой линией на рис. 4.9 дана линия равных оценок. Видно, что рейтинг QPA более высоко оценивает страны с QPA > 70% и более низко – страны с малым QPA, характерным для развивающихся стран.

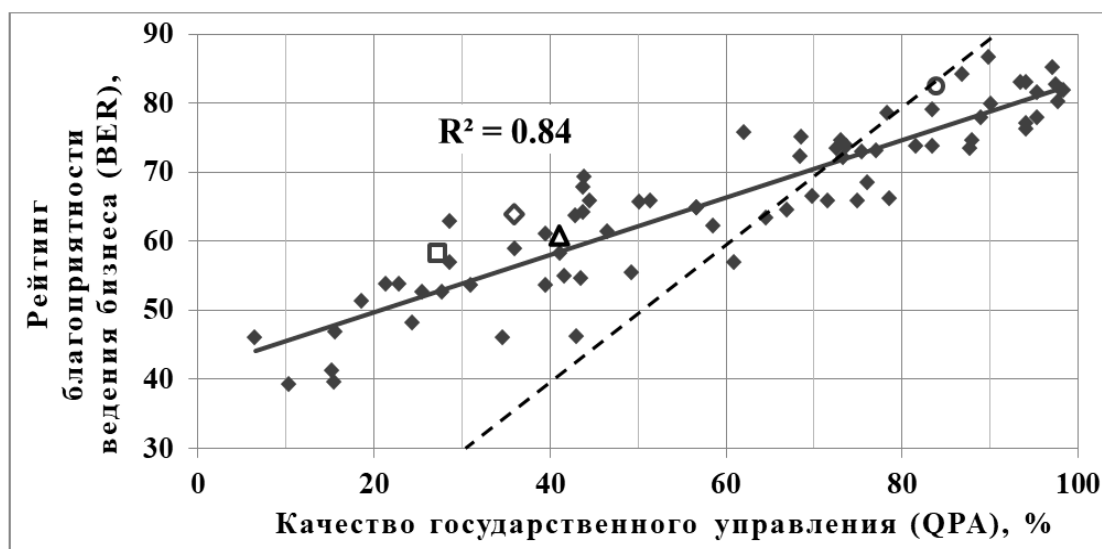


Рис. 4.9. Влияние качества гос. управления на благоприятность ведения бизнеса

С целью подтверждения данного вывода было проведено сравнение рейтинга BER с еще одним признанным рейтингом, используемым для оценки инвестиционной привлекательности стран, который формируется Всемирным эко-

³⁵² См. [328].

номическим форумом – Индекс глобальной конкурентоспособности (GCI)³⁵³. Его оценки базируются на 12 субиндексах: институт, инфраструктура, макроэкономическая стабильность, здоровье, образование, эффективность рынков товаров, услуг и труда и финансов, размер внутреннего рынка, уровень технологического развития, конкурентоспособность бизнеса, инновационный потенциал. Несложно заметить, что эти субиндексы в значительной мере соответствуют концептам, представленным на рис. 4.7, но существенно отличаются от субиндексов QPA и BER.

Соотношение рейтингов BER и GCI дано на рис. 4.10 (BER в %). Штриховая линия – по-прежнему линия равных оценок.

Видно, что Индекс GCI еще более высоко оценивает благоприятность условий бизнеса в России и, в целом, несколько выше оценивает инвестиционную привлекательность стран, особенно высоко конкурентных. Согласно GCI, конкурентоспособность США только на 28% выше, чем России.

Таким образом, рейтинг «Качество государственного управления» может быть использован для оценки влияния рисков государственного устройства на инвестиционную привлекательность стран, но с учетом того, что он существенно занижает привлекательность развивающихся стран и несколько увеличивает привлекательность развитых стран. Тем не менее, для тех бизнесов, которые особо чувствительны к особенностям взаимодействия с властными структурами, эта точка зрения может быть полезна.

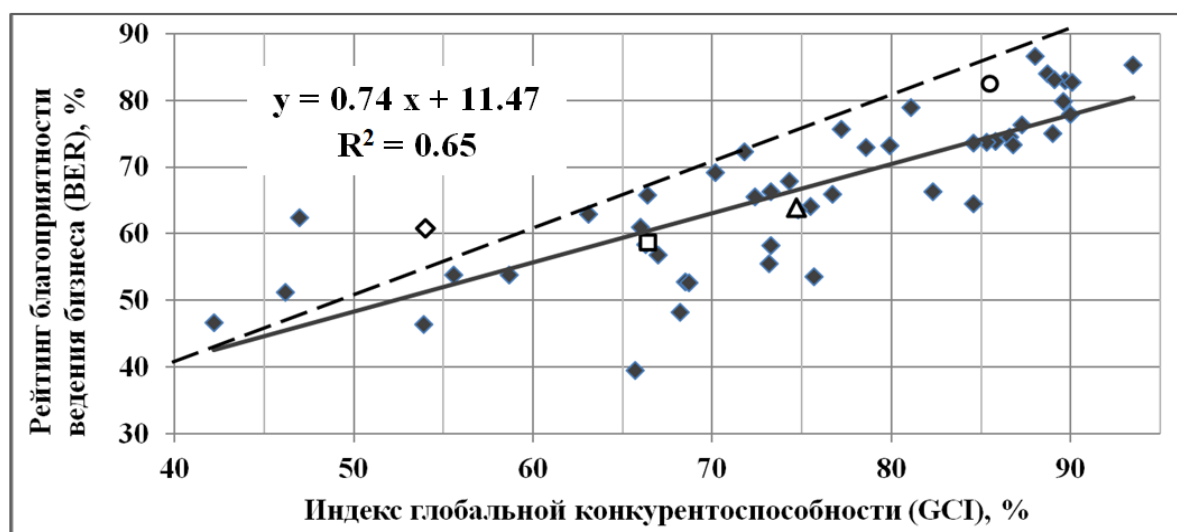


Рис. 4.10. Сравнение рейтингов BER и GCI

Выявленные из сравнения различных рейтингов взгляды на совокупность субиндексов, влияющих на различные социально-экономические параметры стран, позволяют сформировать концептуальную модель развития стран, отличающихся уровнем качества государственного управления, в понимании авторов рейтинга QPA.

³⁵³ См. [329].

4.1.4. Обсуждение

В разделе проведено попарное сравнение различных откликов и рейтингов, что может показаться некорректным, поскольку исследуется сложная многомерная область социально-экономического развития разных государств. Однако сложность данной системы столь велика (сверхсложная система), что попытки изучать корреляции нескольких величин вряд ли позволят получить статистически значимые выводы. С другой стороны, человеческое сознание с трудом воспринимает многомерные зависимости. Поэтому для выявления зависимостей порядка величины попарные сравнения вполне удовлетворительны, особенно если при этом реализуется возможность наблюдения за особо интересными точками, что и было выполнено выше.

Одной из основных целей данного исследования была проверка видения, согласно которому высокое качество государственного управления способствует экономическому развитию. Однако по полученным результатам сложно однозначно подтвердить или опровергнуть данное утверждение. Хотя были получены серьезные данные о том, что при $QPA < 60\%$ данное видение не реализуется, однако имеется значительное количество других параметров явления, которые могут влиять на условия воздействия качества государственного управления на экономическое развитие, что требует проведения дополнительных исследований.

Выводы

1. В разделе проведен анализ влияния качества государственного управления на социально-экономические процессы в стране с использованием результатов панельного исследования «Качество государственного управления» Всемирного банка и определены методические ограничения и возможности данного рейтинга.
2. Показано, что при значениях обобщенного показателя качества государственного управления, характерного для развивающихся стран ($QPA < 60\%$), не наблюдается существенного влияния QPA на величину ВВП на душу населения.
3. Высокое качество государственного управления также не оказывает влияния на темпы роста ВВП по ППС (по осредненным данным за 1990–2018 гг.).
4. Качество государственного управления также не влияет на показатель «Индекс счастья», рассчитываемый ООН, при $QPA = 0 \div 60\%$. При более высоких значениях QPA отмечается статистический рост показателя «Индекс счастья» от 5 до 7 единиц.
5. Выявлено, что представленное исследование «Качество государственного управления», по сути, ориентировано на оценку влияния государственного устройства на инвестиционные риски, о чем нет прямого указания в названии и целях исследования.

6. Сопоставление показателей глобального рейтинга «Качества государственного управления» и рейтингов «Благоприятствование ведению бизнеса» BER и «Индекс глобальной конкурентоспособности» GCI показывает, что между ними наблюдается линейная зависимость, причем оценки по QPA значительно более жесткие, чем по двум другим рейтингам. Так, по показателю QPA Россия имеет рейтинг 27%, а США – 84%, а по GCI: Россия – 66%, а США – 86%.

4.2. Прогнозная модель экономического роста на основе образовательных индикаторов³⁵⁴

Введение

Одним из наиболее актуальных вопросов современного экономического развития является снижение темпов роста мирового ВВП, особенно в развитых странах мира³⁵⁵. Одновременно происходит уменьшение темпов роста населения Земли³⁵⁶, которое получило название – демографический переход. Есть серьезные основания предполагать, что эти два процесса тесно связаны, поскольку именно люди создают знания и технологии, которые позволяют увеличивать производительность труда (см. раздел 1.2). Для поддержания темпов экономического роста в условиях демографического перехода активно используется стратегия увеличения образовательного уровня работников³⁵⁷. Однако в развитых странах уровень охвата третичным (профессиональным) образованием приближается к своему пределу, в частности в России он уже составляет 53%, а в Канаде 57%³⁵⁸.

Особенностью социально-экономического развития последнего столетия является то, что важнейшим фактором стал «человеческий капитал». Он составляет для развитых и крупнейших развивающихся стран около 80% национального богатства³⁵⁹. И именно образование играет ключевую роль в формировании человеческого капитала.

Однако вопрос влияния уровня образования на экономический рост является далеко не однозначным. Так в работе R. Barro³⁶⁰ показано, что ВВП на душу населения экспоненциально зависит от среднего числа лет образования. В работах Джекоба Минсера³⁶¹ показано, что заработки работников экспоненциально зависят от числа лет образования. Однако в работе Н. Badinger³⁶² указано, что в регионах ЕС экономический рост чувствителен только к приобретению третичного образования, а изменения на более низком уровне образования статистически незначимы.

Суммируя результаты исследований влияния человеческого капитала на экономический рост, А.В. Корицкий³⁶³ отметил, что эмпирические исследования влияния на экономический рост ЧК в разных странах дают весьма противоречи-

³⁵⁴ Результаты, представленные в данном разделе, доложены на XIX International Social Congress (ISC-2019), Москва, РГСУ. Авторы: Причина О.С. Орехов В.Д., Блинникова А.В.

³⁵⁵ См. [106].

³⁵⁶ См. [23].

³⁵⁷ См. [306].

³⁵⁸ OECD.Stat. (2018). Educational attainment and labor-force status. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EAG_NEAC

³⁵⁹ См. [100].

³⁶⁰ См. [103].

³⁶¹ См. [102].

³⁶² Badinger H., Tondl G. Trade Human Capital and Innovation: The Engines of European Regional Growth in the 1990-s, Working Paper. 2002, No. 42, January, P. 15.

³⁶³ См. [101].

вые результаты, которые возникают из-за статистического несовершенства методик подсчета и большой изменчивости показателей, применяемых для измерения человеческого капитала.

Также, существует значительное число факторов, кроме собственно образования, влияющих на уровень квалификации персонала. Так, первоначально приобретенные в процессе трудовой деятельности знания, навыки и умения должны быть актуализированы применительно к конкретной практике и преобразованы в требуемые компетенции. Если специалист трудоустраивается не по той профессии, которую он получил в высшем учебном заведении, то такого соединения первичного обучения с практикой не происходит, и полученное образование не приносит необходимого результата. С другой стороны, первичные знания и навыки довольно быстро устаревают по мере появления новой техники и технологий. Соответственно, требуется профессиональная переподготовка специалистов, которая в России развита недостаточно.

Важно отметить, что в ряде глобальных исследований уровня квалификации работников Россия фигурирует в числе аутсайдеров³⁶⁴, что достаточно странно при лидирующем положении в области третичного образования.

Поскольку образование является ключевым фактором экономического роста, то целесообразно исследовать взаимосвязь между экономическим ростом и образовательными факторами человеческого капитала применительно к России в сравнении с другими странами. В качестве источника статистических данных в этой работе будут использованы выполненные международными организациями научные исследования и глобальные рейтинги.

Далее предпринимается разработка прогнозной модели экономического роста и факторов социально-экономической динамики на основе образовательных индикаторов.

4.2.1. Методика исследования

Принятый подход к экономической динамике соответствует так называемой квазистационарной модели, заключающейся в том, что изменение происходит как последовательность сменяющих друг друга стационарных состояний. Конечно, такой подход не позволяет смоделировать циклические и быстро протекающие процессы, но основные эффекты роста он позволяет оценить. В качестве показателя экономического роста, в основном, выбран валовый внутренний продукт на душу населения (ВВП/Д), что связано с его доступностью и регулярным обновлением, причем используются данные Всемирного банка. Используются значения ВВП и ВВП/Д только по паритету покупательной способности (ППС), что в дальнейшем более не оговаривается..

Фактически изучается динамика ВВП/Д в зависимости от уровня образования или другого индикатора, связанного с образовательным уровнем работников. Поскольку число студентов третичного образования в мире на душу насе-

³⁶⁴ См. [329].

ния растет практически экспоненциально по времени (рис. 3.22), то зависимость от уровня образования эквивалентна временной динамике.

В отдельных случаях ВВП/Д играет роль не функции, а аргумента. В принципе, социально-экономические процессы зависят от множества различных переменных, и исследование зависимости ВВП/Д только от одного аргумента может оказаться некорректным. Однако доминирующая роль ЧК в национальном богатстве крупнейших стран делает возможность поиска таких индикаторов образования, которые наиболее сильно влияют на экономический рост, т.е. являются величинами, определяющими порядок изменения.

Существенным является вопрос формирования выборки государств, которые используются при анализе влияния различных индикаторов. Поскольку определение этих индикаторов является трудоемким процессом и не все государства предоставляют необходимые данные, то нередко рассматриваемая выборка определялась охватом стран в этих исследованиях.

Большое различие стран по экономическому весу и численности населения осложняет процессы выявления обобщенных статистических закономерностей, поэтому выборки формировались, в основном, из стран, достаточно крупных по численности населения и/или величине ВВП. Наиболее часто использовалась выборка 70 стран, которая обозначалась G70 и включала 50 стран с наибольшим ВВП и 20 с наибольшей численностью населения, которые производят около 94% мирового ВВП. Также использовалась выборка G25 – страны с ВВП свыше 1 млрд долл., с суммарным ВВП = 78% мирового.

В выборки, как правило, не включались государства, экономическое развитие которых существенно отличается от общих закономерностей, поскольку в данном регионе существует особый природный или политический ресурс, который позволяет резко повысить ВВП/Д. Среди них: ОАЭ, Сингапур, Катар, Кувейт, Бахрейн, Макао и Люксембург. В некоторых случаях исключались из выборки страны, имеющие высокий образовательный уровень, но очень низкий ВВП/Д, что особо указывалось.

Определяемые в различных глобальных исследованиях индикаторы ранжировались по величине оцениваемого параметра и по месту в рейтинге. Место в рейтинге, как правило, не учитывалось. Для обеспечения сравнимости различных индикаторов их значения нормировались к 10-значной балльной системе.

Для визуализации особенностей исследуемых закономерностей ряд наиболее крупных экономик обозначался на графиках особым образом. Как правило, светлыми маркерами обозначены: Китай – треугольник, Индия – ромб, США – кружок, Россия – квадрат.

4.2.2. Профессиональные компетенции взрослых людей

В качестве первого примера индикатора образовательного уровня используем результаты Международного исследования профессиональных навыков и компетенций взрослого трудоспособного населения, выполненного в 2013 году в рамках The Programme for the International Assessment of Adult Competencies

(PIAAC)³⁶⁵. Это первое и единственное исследование по этой программе. В его рамках было опрошено 157 тыс. человек в 24 странах ОЭСР и ее партнеров, включая Россию. Исследование проводилось по трем субиндикаторам: грамотность, умение считать и навыки решения задач в высокотехнологичной среде (сокращенно – навыки ИТ). Результаты исследования представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Профессиональные навыки взрослого населения

		Среднее, %	Грамот- ность	Умение считать	Навыки ИТ
1	Япония	93	296	288	255
	Финляндия	89	288	282	235
	Кипр	89	269	265	
2	Нидерланды	88	284	280	227
	Словакия	88	274	276	238
	Россия	87	275	270	234
	Швеция	87	279	279	228
	Бельгия	87	276	280	228
	Норвегия	87	278	278	225
	Чехия	87	274	276	229
3	Южная Корея	86	273	263	237
	Франция	86	262	254	
	Австралия	86	280	268	227
	Дания	86	271	278	223
	Эстония	86	276	273	229
	Германия	85	270	272	219
	Австрия	85	270	275	223
	Польша	85	267	260	237
	Канада	85	274	266	223
4	Великобритания	84	273	262	223
	США	83	270	253	225
	Италия	83	251	247	
	Испания	83	252	246	
	Ирландия	83	267	256	227
	Среднее	86	273	269	229

Концепция исследования заключалась в том, чтобы проанализировать навыки осуществления работниками коммуникации и обработки информации в современных условиях, когда многие рутинные профессиональные навыки перестали быть востребованными, поскольку производство продукции осуществляется теперь преимущественно автоматически. Оценивание проводилось по 300-балльной шкале, а суммарный результат в табл. 4.3 представлен в виде среднего арифметического значения трех субиндикаторов в процентах.

³⁶⁵ The Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC). OECD. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. – 08.10.2013. URL: <https://gtmarket.ru/news/2013/10/08/6299>

В табл. 4.3 выделено четыре блока результатов: 1 – очень высокие (89–93%), 2 – выше среднего (85–88%), 3 – средние (81–84%) и 4 – ниже среднего. В принципе, все эти показатели достаточно высокие, и дифференциацию стран с целью прогнозирования экономической динамики они вряд ли обеспечивают, тем более что исследованием были охвачены страны с достаточно высоким образовательным уровнем и ВВП на душу населения.

Ниже других, как показали исследования, работники владеют высокотехнологичными навыками. Это связано с тем, что не все люди старшего возраста изучали их, получая образование. Также более низкие навыки показывают мигранты, которые нередко слабо владеют языком тестирования. Поэтому страны, в которых их значительное количество, показывают более низкие результаты. Возможно, именно эти факторы определили лидерство Японии в данном исследовании.

Как видно из табл. 4.3, Россия по всем показателям демонстрирует высокий уровень – несколько выше среднего, соответствующего показателям стран ОЭСР. Тем не менее, было отмечено, что более 40% представителей старшего возраста в РФ имеют слабые навыки использования ИКТ для доступа к информации и решения простых задач. Но примерно такая же ситуация характерна и для других стран.

4.2.3. Качество обучения учащихся PISA

Программа PISA (Programme for International Student Assessment) – это Международный мониторинг качества обучения 15-летних учащихся, который нацелен на оценку навыков школьников получать полезную для жизни информацию. Исследование проводится международным консорциумом под эгидой OECD один раз в три года^{366, 367}. Это исследование не относится непосредственно к образованию третичного уровня, однако целевой возраст респондентов является предстартовым для профессионального образования и непосредственно влияет на последующее обучение более высокого уровня. Поскольку в данном возрасте учащиеся разных стран получают относительно однородные знания и умения, то это позволяет достаточно корректно проводить международные сопоставления³⁶⁸.

Исследование проводилось по трем субиндексам: чтение, математика и естественнонаучные дисциплины. Тесты были нацелены на умение школьников получать с помощью этих навыков полезную для деятельности информацию. Тестирование проводится по 600-балльной шкале по каждому субиндексу.

Так, согласно результатам исследования PISA 2015³⁶⁹, российские участники заняли места с 32-го по естественным наукам до 23-го по математике. Первые места в рейтинге занимают, как правило, малые страны, например Гонконг, Ма-

³⁶⁶ См. [123].

³⁶⁷ См. [125].

³⁶⁸ См. [129].

³⁶⁹ См. [123].

као, Сингапур, поэтому сравнение по местам в рейтинге сложно считать корректным. Более содержательное сравнение успехов российских участников по отношению к представителям США и OECD дано на рис. 2.7 в виде среднего арифметического значения тестов по трем субиндексам. По результатам 2015 года Россия находится не ниже стран OECD и США, хотя в предыдущие годы результаты участников из РФ были существенно ниже.

Динамика результатов тестирования российских участников по различным дисциплинам с 2000 по 2015 год представлена на рис. 2.6. Наиболее низкие оценки для россиян соответствуют чтению, что вероятно связано со значительным числом учеников, переехавших в РФ из стран ближнего зарубежья. Сравнение результатов участников из разных государств показывает, что более высокие оценки характерны для стран с высоким ВВП на душу населения (рис. 2.8, 2.9). В связи с этим на рис. 4.11 представлена взаимозависимость оценки PISA 2015 года (средняя по трем субиндикаторам, нормированная к 10-балльной) и ВВП/Д на 2015 год в тысячах долл.

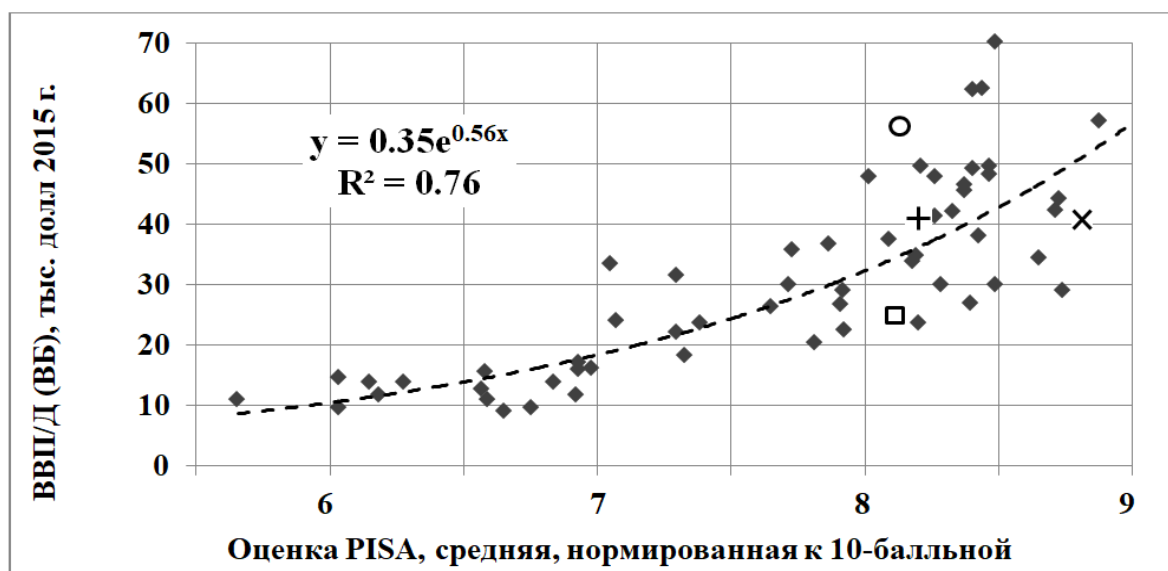


Рис. 4.11. Зависимость оценок по тестированию PISA от ВВП/Д

При этом для выявления основной закономерности, из числа 70 стран, участвовавших в тестировании PISA, были исключены пять стран с очень высоким ВВП (ОАЭ, Сингапур, Катар, Макао и Люксембург) и, в соответствии с результатами, полученными в разделе 3.2, четыре с низким ВВП на душу населения (Вьетнам, Молдова, Таиланд и Уругвай). На рис. 4.11 проведена экспоненциальная кривая, которая удовлетворительно аппроксимирует представленные данные ($R^2 = 0,76$). Светлыми маркерами обозначены: Россия – квадрат, США – кружок; OECD – крест, Япония – X.

Следует отметить, что в данном случае уровень образования молодых людей не мог влиять на ВВП/Д, поэтому аргументом здесь является ВВП/Д, а оценка PISA – функция. Далее у нас будет противоположная ситуация, в которой оценка образования является в большей мере аргументом, а ВВП/Д – функцией. В реальности эти две переменные являются взаимосогласованными. Однако результаты рис. 4.11 представляется уместным трактовать так: школьники России

и Японии при имеющемся уровне ВВП/Д показывают лучшие успехи, чем в соответствии с линией тренда, а школьники США – меньшие.

Также существенно, что образовательные результаты стран статистически пропорциональны логарифму от ВВП/Д, и сравнивать успехи систем образования следует с учетом наличных ресурсов ВВП/Д, которые могут быть использованы для обучения. Отметим также, что встречаются страны, в которых при низком ВВП/Д ученики показывают высокие показатели тестирования (раздел 2.2). Так, школьники Вьетнама при ВВП/Д = 6 тыс. долл. получили оценку PISA = 8,4 (в 10-балльном исчислении).

4.2.4. Индекс человеческого развития

Индекс человеческого развития (ИЧР) (Human Development Index – HDI)³⁷⁰ составляется Программой развития Организации Объединённых Наций (ПРООН) с 1990 года. Концепция данного индекса основана на идее развития человека за счет расширения его возможностей выбора, прежде всего, продолжительно жить здоровой жизнью, иметь достойное образование и уровень жизни. Эта концепция представляет собой альтернативу классической теории экономического развития, которая основывалась на показателях роста ВВП. Вместе с тем один из трех основных субиндикаторов ИЧР представляет собой показатель валового национального дохода на душу населения. Два других субиндикатора: индексы образования и ожидаемой продолжительности жизни представляют собой основные компоненты человеческого капитала (ЧК). С системной точки зрения это означает суммирование аргумента (ЧК) и функции, что вызывает сомнения в корректности такого алгоритма. С 2010 года также были введены три субиндекса, связанные с социально-экономическим неравенством, которые здесь не рассматриваются.

Несмотря на нацеленность ИЧР на альтернативу ВВП, полезно проверить возможность использования такого детально разработанного и регулярно определяемого индикатора, как ИЧР, для диагностики потенциала роста ВВП. В частности, рассмотрим отклик величины ВВП/Д на качество человеческого потенциала (ИЧР). Полученные значения ВВП/Д от ИЧР 2018 года приведены на рис. 4.12. Здесь дана экспоненциальная линия тренда, которая очень хорошо аппроксимирует точки выборки G70.

³⁷⁰ Human Development Reports. United Nations Development Programme. URL: <http://hdr.undp.org/en/2018-update>

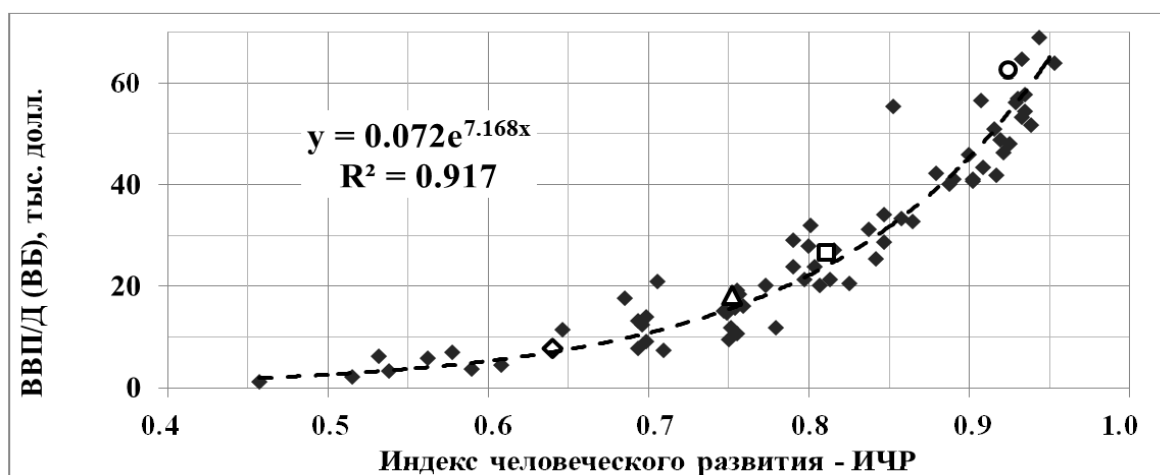


Рис. 4.12. Зависимость ВВП/Д от ИЧР, 2018 г.

Достоверность аппроксимации высокая ($R^2 = 0.92$). Видно, что разброс точек относительно небольшой. Также важно, что это экспоненциальная зависимость, при которой относительный прирост ВВП/Д пропорционален ИЧР. Светлыми маркерами обозначены: Россия – квадрат, Китай – треугольник, Индия – ромб и США – кружок. Точка, расположенная значительно выше общей закономерности, представляет Саудовскую Аравию и ее более высокий ВВП/Д (ИЧР = 0.85) вполне объясним высокими нефтяными доходами.

Линия тренда выражается уравнением $y = 0.072 \exp(7.168x)$, где y = ВВП/Д, x = ИЧР. Если перевести это уравнение к десятичной форме, то показатель степени уменьшится в **Ln(10)** раз и мы получим уравнение, где ВВП/Д выражено в тыс. долл. 2018 года.

$$\text{ВВП/Д} = 0.072 \cdot 10^{3.11 x}. \quad (4.1)$$

Согласно рис. 4.12, Россия следует общей зависимости ВВП/Д от ИЧР, незначительно отклоняясь в большую сторону (на 2.9 тыс. долл.). Кроме того, Россия имеет ИЧР свыше 0.8, что согласно принятому ранжированию рейтинга считается очень высоким уровнем.

Видно, что, несмотря на видимое сходство рис. 4.11, 4.12, они заметно различаются, в частности, тем, что на рис. 4.12 оценка ИЧР является аргументом. Также отличается положение России относительно экспоненциального тренда – на рис. 4.12 она соответствует ему. Несмотря на видимую хорошую аппроксимацию и хорошее соответствие крупнейших экономик тренду, остаются вопросы к данной зависимости. Поскольку одну треть показателя ИЧР составляет ВВП на душу населения, то эта субкомпонента на графике должна была бы быть линейной зависимостью. С другой стороны, увеличение продолжительности жизни не должно было бы вносить вклад в увеличение ВВП на душу населения, поскольку после 65 лет работники, как правило, не трудятся. Таким образом, не ясно, как влияет образование работников на ВВП/Д в составе данного индекса. Поэтому рассмотрим ниже более детально субиндекс образования.

4.2.5. Рейтинг стран мира по уровню образования

Образовательный индекс (Education Index) формируется ПРООН³⁷¹, как субиндекс ИЧР. Этот индекс, который далее будем сокращенно называть «Индекс уровня образования» (ИУО), определяется по двум показателям: уровню грамотности населения (две трети) и совокупной доли учащихся (одна треть), получающих начальное, среднее и высшее образование (в последнее время состав компонент рейтинга меняется). Зависимость ВВП/Д от ИУО в 2018 году приведена на рис. 4.13.

Как видно из рис. 4.13, зависимость ВВП/Д от ИУО, также аппроксимируется экспоненциальным трендом, причем достоверность аппроксимации ниже, чем в зависимости от ИЧР ($R^2 = 0.73$). Линия тренда в десятичной форме выражается уравнением

$$\text{ВВП/Д} = 0.34 \cdot 10^{2.4x}, \quad (4.2)$$

где x = ИУО, а ВВП/Д выражено в тыс. долл. 2018 года.

Сравнение рис. 4.12 и 4.13 показывает, что коэффициент при экспоненте для ИУО значительно больше, чем для ИЧР, а степень экспоненты – меньше. Соответственно при ИЧР = 0.6 величина ВВП/Д ≈ 10 тыс. долл., а при ИУО = 0.6 значение ВВП/Д ≈ 5 тыс. долл.

Россия в этом рейтинге имеет несколько больший показатель ИУО = 0.832, чем ИЧР = 0.816 и при данном уровне образования Россия имеет ВВП на душу населения ниже, чем линия тренда на 6.6 тыс. долл. Для Китая и США уровень ВВП на душу населения выше, чем следует из тренда ИУО.

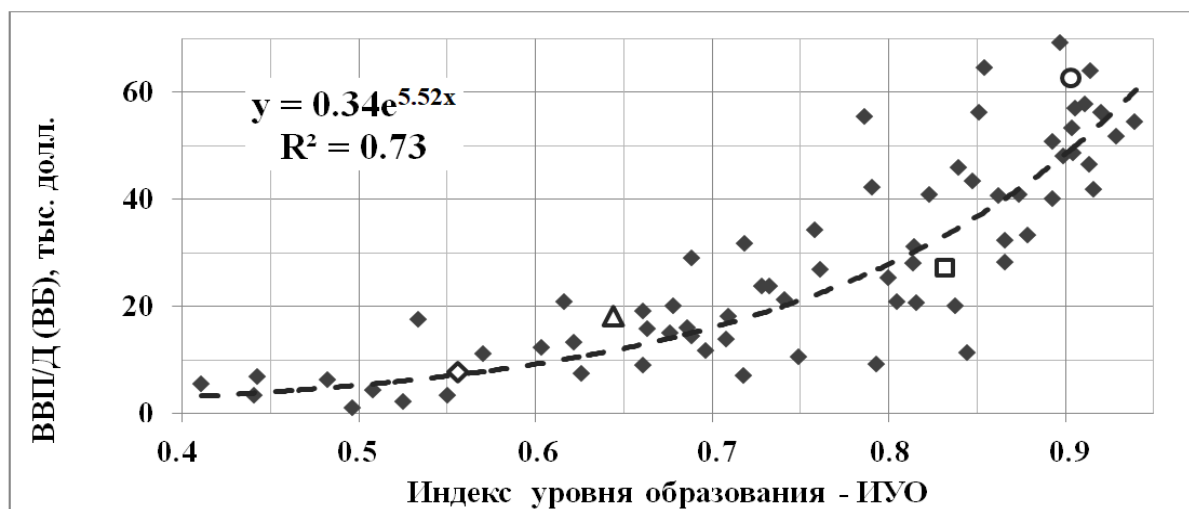


Рис. 4.13. Зависимость ВВП/Д от уровня образования, 2018 г.

Проблематичность индекса ИУО связана с тем, что в нем значительную долю вклада составляет грамотность, которая в развитых странах практически полная. Также нет однозначной связи этого показателя с образовательными

³⁷¹ Рейтинг стран мира по уровню образования. Гуманитарная энциклопедия: Исследования [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2006–2019 (последняя редакция: 23.04.2019). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/education-index/education-index-info>

уровнями международной классификации ISCED 2011³⁷² и количеством лет обучения.

В последнее время ПРООН формирует еще один субиндекс ИЧР, характеризующий уровень образования стран. В него вместо грамотности входит ожидаемая продолжительность обучения³⁷³. Однако корректность таких прогнозов весьма сомнительна. Так прогнозируемая средняя продолжительность образования для Австралии 22.9 года, Ирландии 19.6, Исландии 19.3 при том, что сейчас у всех этих стран данный показатель около 12.5 лет и ни у одной страны мира не более 14 лет. Кроме того, такое преобразование переводит данный индекс из разряда аргументов в функцию большого количества параметров, используемых для вычисления ожидаемого времени образования, что делает проблематичным его использование для прогнозирования экономической динамики.

4.2.6. Влияние количества лет образования

В связи с указанными выше недостатками образовательных индексов рассмотрим показатели уровня образования, которые могут непосредственно измеряться. В работе Р. Вагго показано³⁷⁴, что величина ВВП/Д в различных странах мира растет экспоненциально в зависимости от среднего количества лет образования населения, как показано на рис. 4.14, где по горизонтальной оси отложен натуральный логарифм ВВП/Д в междунар. долл. 2000 года, а по вертикали – среднее число лет образования работников старше 25 лет (Е). Статистические данные при переводе в тыс. междунар. долл. 2017 г. в этом случае аппроксимируются, зависимостью

$$\text{ВВП/Д} = 0.438 \cdot 10^{0.2E} \quad (4.3)$$

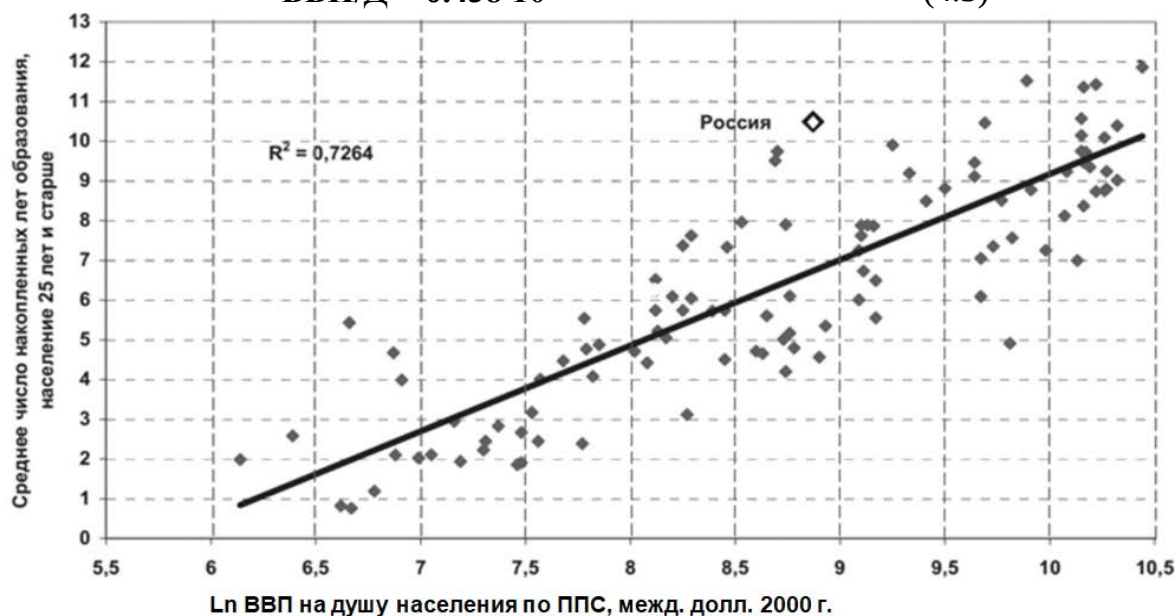


Рис. 4.14. Связь между ВВП на душу населения и образованием для различных стран

³⁷² UIS UNESCO. International Standard Classification of Education. 2013. URL: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/isced-2011-ru.pdf>.

³⁷³ См. [356].

³⁷⁴ См. [103].

На рис. 4.14 уровень образования в разных странах различается до двух раз при одном и том же ВВП/Д, то есть данная зависимость соблюдается лишь статистически ($R^2 = 0.73$).

На рис. 4.15, 4.16 – приведены аналогичные зависимости ВВП/Д – от Mean years of schooling (E) на 2018 год по данным ПРООН³⁷⁵, использованным для расчета **HDI**, в линейных координатах и даны экспоненциальные тренды. На рис. 4.16 представлена выборка G70, а на рис. 4.15 – для G25 (страны с ВВП – свыше 1 млрд долл.). На рис. 4.15 линия тренда в десятичной форме имеет вид

$$\text{ВВП/Д} = 0.85 \cdot 10^{0.136E}, \quad (4.4)$$

где ВВП/Д выражено в тыс. долл. 2018 года.

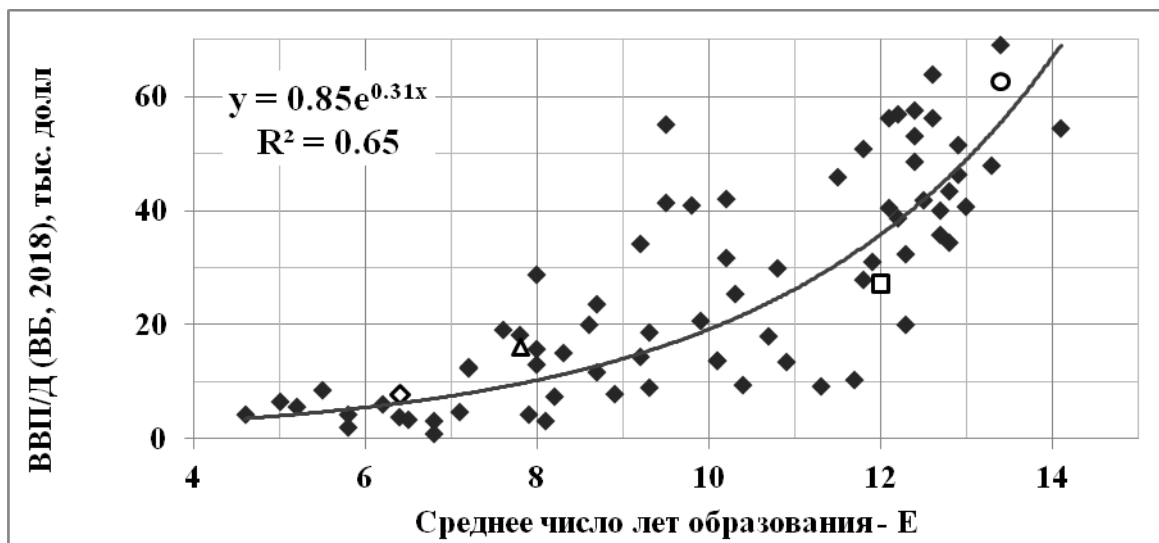


Рис. 4.15. Зависимость ВВП/Д от числа лет образования, G70, 2018 г.

Для выборки G25 (рис. 4.16) уравнение линии тренда в десятичной форме:

$$\text{ВВП/Д} = 2.1 \cdot 10^{0.109E} \quad (4.5)$$

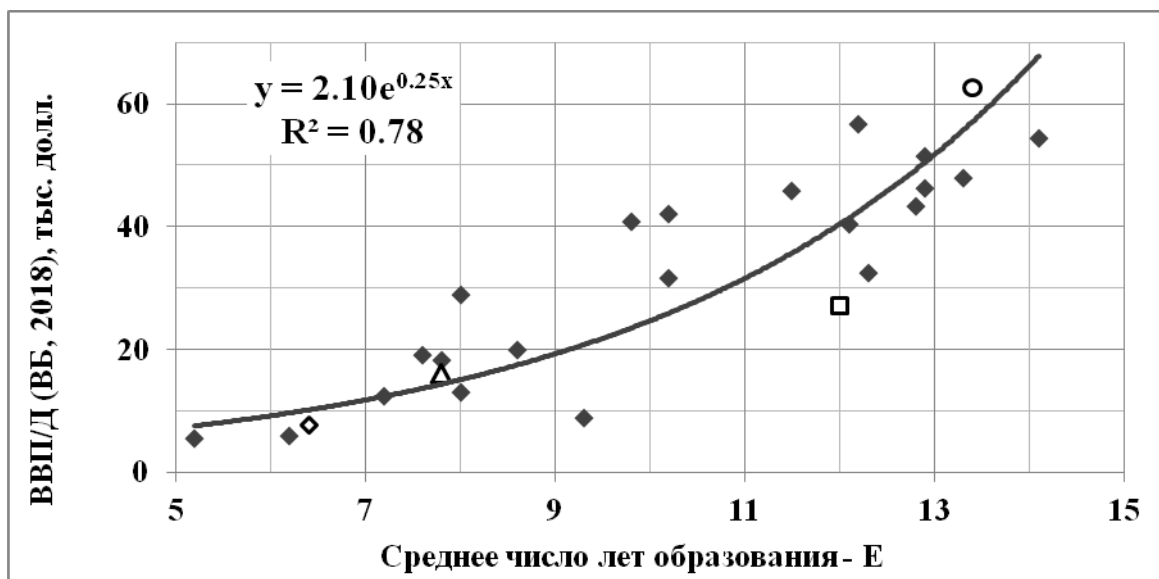


Рис. 4.16. Зависимость ВВП/Д от числа лет образования, G25, 2018 г.

³⁷⁵ См. [356].

Видно, что формулы (4.3)–(4.5) относительно близки графически, хотя согласно (4.3) десятикратный рост ВВП/Д происходит при увеличении уровня образования на 5 лет, по (4.4) – на 7.4 года, а по формуле (4.5) – на 9,2 лет. Однако и уровни образования в формулах (4.4), (4.5) значительно больше, чем в выражении (4.4), поскольку они относятся к периоду времени на 18 лет позднее. Таким образом, по мере перехода к более образовательно развитым совокупностям стран темп прироста ВВП/Д уменьшается, но увеличивается коэффициент перед экспонентой.

Повышение среднего уровня образования на один год ведет к увеличению ВВП/Д на 37%, согласно (4.4), и на 29% по формуле (4.5), что свидетельствует об очень высоком уровне влияния образования на рост ВВП на душу населения.

Во всех случаях (рис. 4.14–4.16) ВВП/Д России значительно меньше, чем в соответствии с трендом (рис. 4.15 – на 6.6 тыс. долл., рис. 4.16 – на 8.8 тыс. долл.) и это требует более детального изучения причин такого расхождения.

4.2.7. Влияние конкурентоспособности стран на ВВП/Д

Логично предположить, что на величину ВВП влияет не только качество ЧК страны, но и ее конкурентоспособность. Поэтому был проведен анализ зависимости ВВП/Д стран от рейтинга глобальной конкурентоспособности³⁷⁶ – GCI. Среди 12-и субиндексов GCI присутствуют характеристики: макроэкономики, инфраструктуры, институтов, здоровья, образования, рынков товаров, услуг, труда и финансов, инновационного потенциала и технологического развития, а также конкурентоспособности компаний. Зависимость ВВП/Д (y) от GCI (x), представленная на рис. 4.17, в десятичной форме также имеет экспоненциальный вид

$$\text{ВВП/Д} = 0.85 \cdot 10^{0.027x}, \quad (4.6)$$

На данном графике, в отличие от предыдущих, значения GCI приведены в процентах, поэтому и коэффициент при показателе степени примерно в 10 раз меньше.

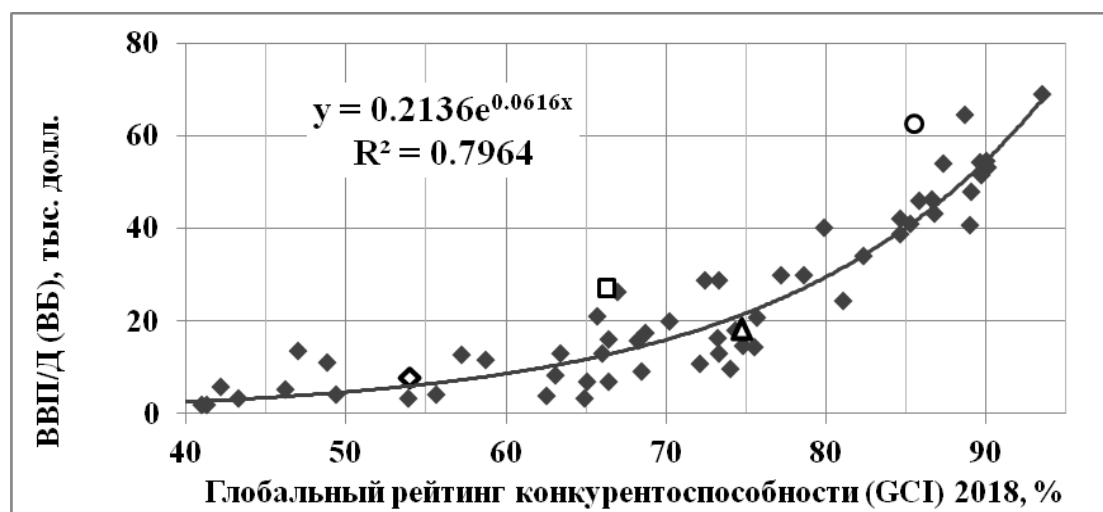


Рис. 4.17. Влияние рейтинга конкурентоспособности на ВВП/Д

³⁷⁶ См. [356].

Тем не менее, повторяется экспоненциальная зависимость ВВП/Д от GCI, что свидетельствует о связи данного рейтинга с ЧК³⁷⁷. В данном рейтинге Россия и США получают ВВП/Д намного выше линии тренда, причем Россия примерно вдвое, что ставит вопрос о причинах такого расхождения. Хотя наличие значительных природных ресурсов и может быть причиной такого расхождения, однако не ясно, почему их наличие не отражено в рейтинге конкурентоспособности.

Проведенные методом когнитивного моделирования исследования сложной слабоструктурированной системы³⁷⁸ социально-экономических концептов, влияющих на рост ВВП/Д стран, позволили построить альфа-срез взаимного влияния концептов на уровне отсечения 75%, который представлен на рис. 4.8. Сравнение данной модели с субиндексами GCI показывает, что они во многом согласованы. Однако природные ресурсы в GCI не оцениваются и не учитывается фактор изношенности основных фондов. Представляется, что и ЧК в рейтинге GCI занимает недостаточно важное место, поскольку, как показано выше, его влияние на ВВП/Д имеет экспоненциальный тренд.

Сравнение показателя продолжительности обучения, использованного GCI³⁷⁹, показывает, что для России он равен 10.7 лет, согласно данным HDI³⁸⁰ – 12 лет, а суммирование данных OECD³⁸¹ дает значение 12,7 лет. Такое отклонение также могло внести погрешность в рейтинг конкурентоспособности.

Сравнение в разделе 4.1 показателей GCI и рейтинга BER³⁸² показывает, что они связаны линейно и относительно близки друг к другу, причем оценки GCI статистически выше, особенно для высоких значений индексов. Это сравнение подтверждает удовлетворительную корректность оценок GCI с учетом указанных выше замечаний.

Поставленная цель исследования по разработке моделей диагностики факторов социально-экономической динамики достигнута в том смысле, что подтвержден закономерный экспоненциальный рост ВВП/Д от образовательных показателей, представленных различными глобальными индексами. Также выявлены факторы, влияющие на надежность результатов диагностики.

4.2.8. Обсуждение

Проведенное исследование показывает, что широко известные глобальные индексы далеко не всегда можно эффективно использовать для диагностики, поскольку их характеристики зависят от значительного количества ситуативных факторов: желания стран подавать требуемую информацию, явных и неявных целей исследования, высокой трудоемкости их выполнения, сложности измерения требуемых величин, невысокой надежности опросов. В результате, все ис-

³⁷⁷ См. [102].

³⁷⁸ См. [332].

³⁷⁹ См. [329].

³⁸⁰ См. [356].

³⁸¹ OECD.Stat. Educational attainment and labor-force status. 2018.

³⁸² См. [338].

следованные индикаторы далеко не идеально подходят на роль эмпирического показателя динамики факторов социально-экономического развития. Тем не менее, количественная зависимость ВВП на душу населения от уровня образования, в целом, нашла подтверждение, причем это влияние весьма сильное.

Логика составления глобальных индексов, как правило, не содержит весовых коэффициентов для различных субиндексов, и вопрос аргументации величины этих коэффициентов не находится в поле внимания. Однако, ключевое положение ЧК в национальном богатстве стран, как представляется, требует особого отношения к факторам, связанным с образованием, особенно высшего уровня, что могло бы позволить усилить предсказательные способности таких индексов.

Выводы

1. Разработана прогнозная модель экономического роста и факторов социально-экономической динамики на основе образовательных индикаторов, что позволяет провести анализ зависимости величины ВВП на душу населения (ВВП/Д) от различных глобальных индексов, имеющих существенную значимость на динамику экономического роста.
2. Подтверждено, что зависимость ВВП/Д от числа лет образования является экспоненциальной, причем дополнительный год образования работников дает прирост ВВП в 29% для 25 крупнейших по ВВП стран и 37% для 70 стран.
3. Зависимость ВВП/Д для 70 стран от Human Development Index и Global Competitiveness Index, имеющих образовательную компоненту, также имеет экспоненциальный вид при высокой достоверности аппроксимации ($R^2 = 0.8 \div 0.9$), что позволяет использовать их в целях прогнозирования.
4. Показано, что Россия при имеющемся, высоком по мировым меркам образовательном уровне, имеет ВВП/Д ниже тренда на 7–9 тыс. долл.
5. Сравнение субиндекса Global Competitiveness Index с когнитивной моделью системы факторов, влияющих на рост ВВП/Д, показывает, что данный индекс не учитывает богатство природных ресурсов стран и износ основных фондов, а это влияет на предсказательную способность индекса, в частности на завышенную величину ВВП/Д России относительно тренда по данному индексу.

4.3. Модель прогнозирования экономической динамики стран на базе глобальных Индексов³⁸³

Экономисты признают, что круг проблем, касающихся темпов экономического роста, относится к числу важнейших в макроэкономике. Несмотря на это, ни решить, ни разрешить эти проблемы в полной мере на теоретическом уровне сегодня не удастся. В связи с этим актуальными являются эмпирические подходы к прогнозированию экономической динамики, характеризующейся обилием макроэкономических и микроэкономических факторов конкурентоспособности страны. На основе данных официальной статистики Всемирного банка, Всемирного экономического форума и опроса руководителей корпоративных бизнес-структур экспертами разработаны разнообразные глобальные рейтинги, такие как Index of Economic Freedom, Doing Business, Global Competitiveness Index и другие³⁸⁴.

Однако взаимосвязь между этими Индексами и экономической динамикой по весомости влияния макроэкономических и микроэкономических факторов далеко не очевидна и, более того, сомнительна. Прежде всего, возникают вопросы относительно корректности формирования этих Индексов. Так, в работе А.И. Агеева³⁸⁵ отмечается: «Ретроспективный анализ популярных и влиятельных рейтингов показывает значительную неточность оценок и их зависимость от сиюминутных колебаний симпатий составителей рейтингов... Помимо этих откровенно манипулятивных оценок, безусловно, формируются и более взвешенные подходы. К ним, например, относится глобальный рейтинг конкурентоспособности, формируемый Всемирным экономическим форумом (ВЭФ). Однако проблема обоснованности и/или добросовестности методологии по-прежнему остается актуальной».

С другой стороны, как показано выше в главе 2, важнейший вклад в национальное богатство стран вносит человеческий капитал, определяющей компонентой которого является уровень образования персонала. В связи с этим к числу исследуемых в данном разделе Индексов добавлена одна из важнейших компонент ЧК – число лет обучения работников.

Целью настоящего раздела является разработка модели прогнозирования экономического роста и факторов социально-экономической динамики на основе глобальных Индексов.

³⁸³ Результаты опубликованы в работе: Причина О.С., Орехов В.Д., Каранашев А.Х. Разработка модели прогнозирования экономической динамики стран на базе глобальных Индексов// Вестник Северо-Осетинского гос. ун-та. 2020; 1: 158-166. DOI: 10.29025/1994-7720-2020-1-158-166. <http://bulletinnosu.ru/upload/2020-1/158-166.pdf>

³⁸⁴ Экономическое развитие ЕАЭС и государств-членов в 2018 году: Международные рейтинги. М.: Евразийская экономическая комиссия. 2018. URL: www.eurasiancommission.org

³⁸⁵ Агеев А.И., Бестужев-Лада И.В., Менш Г., Мэтьюз Р. и др. Глобальный рейтинг интегральной мощи 50 ведущих стран мира. М.: МЛСУ, МАИБ, ИНЭС, 2007. URL: http://www.maib.ru/netcat_files/Image/50_countries_global_rating.pdf

4.3.1. Методика исследования

В работе исследуется зависимость ряда показателей, отражающих результативность работы экономики, от глобальных Индексов (рейтингов, индикаторов), агрегировано характеризующих особенности экономического и правового устройства стран.

Предполагается, что по мере достижения странами более высоких показателей глобальных Индексов будет соответственно повышаться и результат социально-экономического развития. Тем самым, социально-экономическая динамика связывается с изменением агрегированных Индексов.

Далее, для реализации экономического роста страны предлагается отслеживать, планировать и реализовать комплекс мер по повышению соответствующих Индексов в связи со шкалой времени. Такая модель экономической динамики является квазистационарной – она не учитывает динамические эффекты, которые проявляются при быстром росте.

В качестве показателей результативности использовался, прежде всего, параметр валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения (ВВП/Д), поскольку именно он наиболее концентрированно характеризует работу экономики и благосостояние населения. В работе используется показатель ВВП исключительно по паритету покупательной способности (ППС), выраженный в долл. США 2018 года по данным World Bank. Также опробован в качестве показателя результативности «Индекс счастья» (World Happiness Index – WHI)³⁸⁶.

В качестве показателей, характеризующих социально-экономическое и правовое устройство стран, использовались индексы из числа наиболее известных:

- Индекс экономической свободы (IEF)
- Легкость ведения бизнеса (EDB)
- Качество государственного управления (QPA)
- Число лет обучения (MYS)
- Глобальный рейтинг конкурентоспособности (GCI).

Также используется комплексный Индекс, сформированный на базе пяти указанных выше, который обозначается – ИК.

Ввиду значительного различия стран по величине ВВП и численности населения неоднозначным является вопрос их сравнения и выявления статистических зависимостей. В связи с этим использовались выборки, в которые включались только достаточно крупные по величине ВВП по ППС страны. В основном, использовались выборки, представленные в табл. 4.4.

Таблица 4.4. Использованные выборки стран

Обозначение	Число стран	Доля мирового ВВП, %	Минимальный размер ВВП, млрд долл
G10	10	61	3 000
G25	25	80	1 000
G50	50	91	350
G70	70	94	180

³⁸⁶ См. [327].

Использовались также выборки другого размера, которые обозначались буквой G и цифрой, указывающей количество стран, выбранных по величине ВВП. В частности, на ряде графиков особыми маркерами выделены позиции шести крупнейших экономик, что позволило визуализировать отклонения этих экономик от линий тренда.

Из выборок были исключены страны, которые существенно выпадают из общей закономерности: Катар, Кувейт и в некоторых случаях Саудовская Аравия. Также в выборки не включались некоторые экономики, по которым в ряде рейтингов нет данных: Судан, Ирак, Беларусь, Узбекистан, Тайвань. При исключении таких стран в выборку добавлялась страны, следующие по величине ВВП.

Для построения модели зависимости показателя результативности от соответствующих индексов с помощью программы Microsoft Excel строились аналитические аппроксимационные зависимости (тренды) различного типа, а также определялась достоверность аппроксимации (коэффициент детерминации – R^2) для этих выборок. Построение различных моделей было нацелено на достижение высокого коэффициента детерминации $R^2 = 0.9$.

4.3.2. Индекс экономической свободы

Индекс экономической свободы (Index of Economic Freedom – IEF)³⁸⁷ является одним из наиболее известных рейтингов, который имеет 25-летнюю историю. Десять субиндексов IEF включают в себя показатели свободы: бизнеса, торговли, денег, инвестиций, финансов, трудовых отношений, налогов, от правительства и коррупции и защиту прав собственности. Они измеряются по 100-балльной шкале. Источниками данных для IEF служат Всемирный банк, МВФ, ООН, рейтинг Doing Business, а также социологические опросы.

Предполагается, что экономическая свобода способствует экономическому развитию³⁸⁸ (росту). Однако в работе³⁸⁹ указывается, что «Рейтингу присущ субъективизм в присвоении баллов». «Фактически данный индекс оценивает не экономическую свободу, а степень близости стран к идеалу либеральной экономики»³⁹⁰.

Анализ зависимости ВВП/Д от IEF показывает, что наблюдается их статистическая взаимосвязь, как показано на рис. 4.16 на примере 50 крупнейших по ВВП экономик (91% мирового ВВП по ППС). Однако видно, что точки расположены с большим разбросом. Соответственно коэффициент детерминации $R^2 = 0.60$, т.е. аппроксимацию нельзя считать приемлемой. Использование трендов в виде полиномов разных степеней, линейной и степенной функции показывает, что они не улучшают погрешности аппроксимации.

³⁸⁷ Miller T., Kim A. B., Roberts J. M., Tyrrel P. Index of Economic Freedom. Washington: Heritage Foundation. 2019. <http://www.heritage.org/index>

³⁸⁸ McConnell, C. and Bru, S.,. Economics. 2006. Moscow: Infra-M, 16. P. 73.

³⁸⁹ Экономическое развитие ЕАЭС и государств-членов в 2015 году: Международные рейтинги. М.: Евразийская экономическая комиссия. 2015. URL: www.eurasiancommission.org

³⁹⁰ Гурвич Е.Т. Экономическая свобода и государство: друзья или враги. МЦСЭИ «Леонтьевский центр», 2012. С. 39–50.

На рис. 4.18 особо выделено шесть крупнейших экономик: Китай – Δ , США – $\circ$, Индия – $\diamond$, Япония – $\times$, Германия – $+$, Россия – $\square$. Видно, что отклонение ВВП/Д России и Индии от линии тренда порядка 50%, что является аргументом за неудовлетворительность использования IEF для прогноза ВВП/Д при таком подходе.

Однако для других из крупнейших экономик отклонение ВВП/Д от линии тренда относительно удовлетворительное. Значительно отклоняются от линии тренда в большую сторону также страны, обладающие большими запасами нефти, хотя их доля в мировом ВВП относительно невелика.

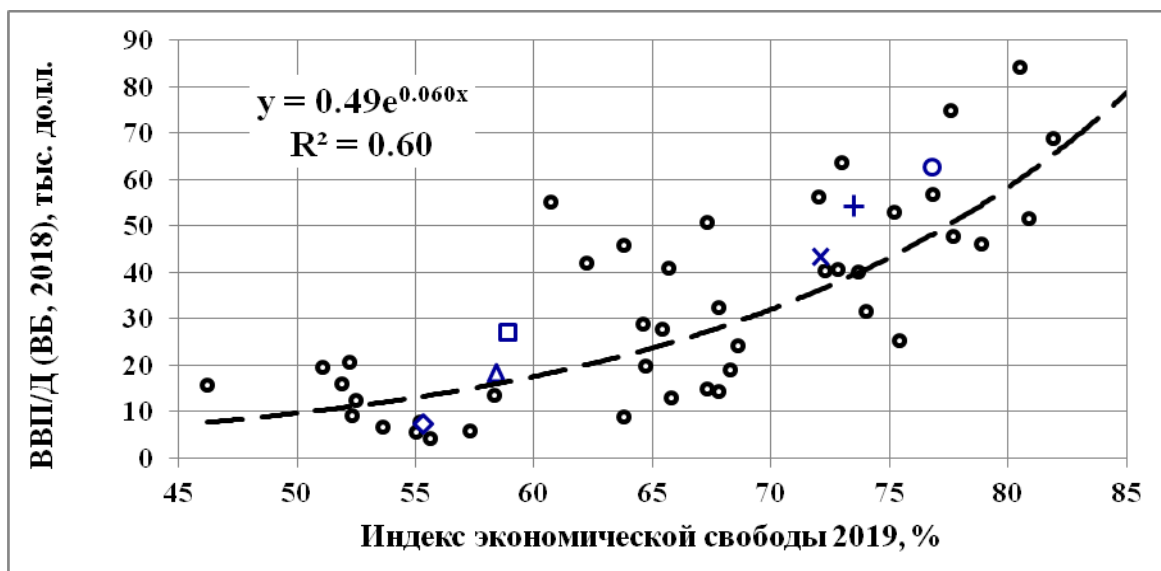


Рис. 4.18. Зависимость ВВП/Д от Индекса экономической свободы

4.3.3. Легкость ведения бизнеса

Рейтинг Doing business³⁹¹ или Ease of Doing Business Ranking (EDB) – индекс, разработанный в 2003 году для определения легкости ведения бизнеса в стране и включающий в себя десять индикаторов, которые характеризуют легкость: начала бизнеса, строительства, доступа к электроснабжению, регистрации недвижимости, оформления кредита, защиты инвестиций, налогообложения, международной торговли, ведения контрактов и завершения бизнеса.

Индекс базируется на логике фиксации улучшения законов, изменяющих условия предпринимательской деятельности. Он не учитывает такие условия, как инфраструктура, инфляция и ряд других. Данные собираются применительно к наиболее развитым регионам страны – в России это Москва и Санкт-Петербург, и в этом серьезный недостаток рейтинга. Достоинством EDB является относительная простота его определения, четкая нацеленность на интересы бизнеса, а также ясные рекомендации по направлениям улучшения условий для бизнеса.

Согласно рейтингу Doing business 2020, подготовленному World Bank Group в 2019 году, Россия достигла 28 места, обогнав Японию, Испанию и Ки-

³⁹¹ Doing Business 2020. Washington, The World Bank. www.worldbank.org

тай. На рис. 4.19 представлена зависимость ВВП/Д от Индекса Doing business для 50 крупнейших экономик.

Видно, что аналогично IEF индекс EDB имеет тренд экспоненциального типа и примерно такой же коэффициент детерминации $R^2 = 0.62$. На рис. 4.19 для Doing business выделено положение шести крупнейших экономик. По ним видно, что значения Индекса EDB сдвинуты по сравнению IEF в сторону больших значений примерно на 10%, причем в большей мере увеличены значения Индекса развивающихся стран. Наиболее сильно отклоняются от тренда точки Китая и Индии – более чем на 50% ниже значения, соответствующего тренду.

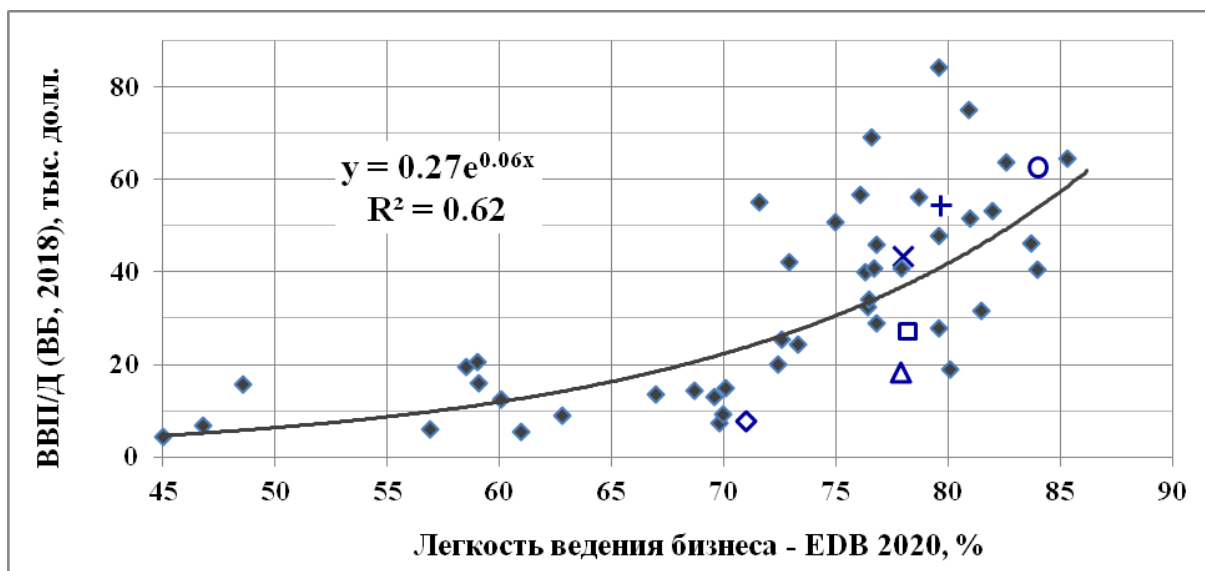


Рис. 4.19. Зависимость EDB от ВВП/Д по ППС в 2019 году

Для проверки влияния размера выборки на коэффициент детерминации на рис. 4.20 приведена зависимость R^2 от числа стран в выборке для IEF и EDB. Видно, что значения R^2 колеблются в зависимости от размера выборки на величину до $\Delta R^2 \sim 0.1$, и приблизительно значения R^2 для этих двух индексов совпадают.

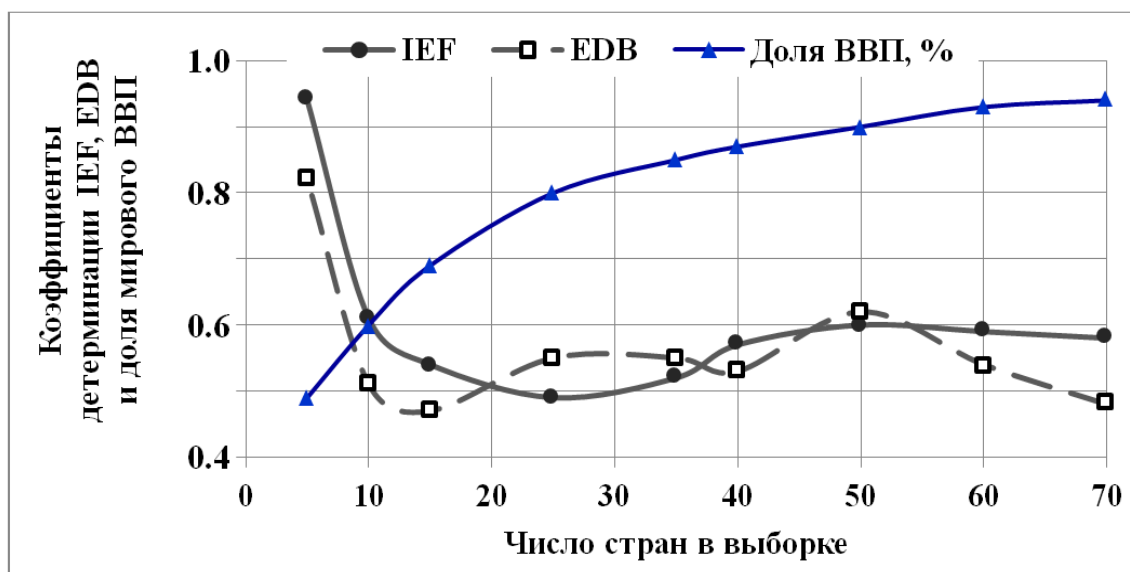


Рис. 4.20. Влияние числа стран в выборке на коэффициент детерминации

4.3.4. Качество государственного управления

Как видно из названия работ авторов, наряду с названием рейтинга «Качество государственного управления» (Quality of public administration – QPA)³⁹² также используется термин Worldwide Governance Indicators³⁹³ –WGI. Данное глобальное исследование проводится по методике Д. Кауфмана (D. Kaufmann) и при финансовой поддержке World Bank.

Рейтинг включает в себя шесть субиндексов: свобода слова и подотчетность властей, отсутствие насилия и стабильность, эффективность власти, качество и верховенство законов, контроль коррупции. Данные рейтинга относятся к 2013 году.

Зависимость ВВП/Д от QPA для выборки G50 приведена на рис. 4.21. Видно, что коэффициент детерминации больше, чем для двух предыдущих вариантов Индексов ($R^2 = 0.72$). Использование других типов трендов не улучшает погрешность аппроксимации. Изменение размера выборки также не увеличивает R^2 : для G70 имеем $R^2 = 0.67$, а для G25 – 0.66. Если устранить из выборки Саудовскую Аравию и ОАЭ, которые существенно отклоняются от общей зависимости (на рис. 4.21 – треугольники с заливкой), то коэффициент детерминации увеличивается до $R^2 = 0.77$.

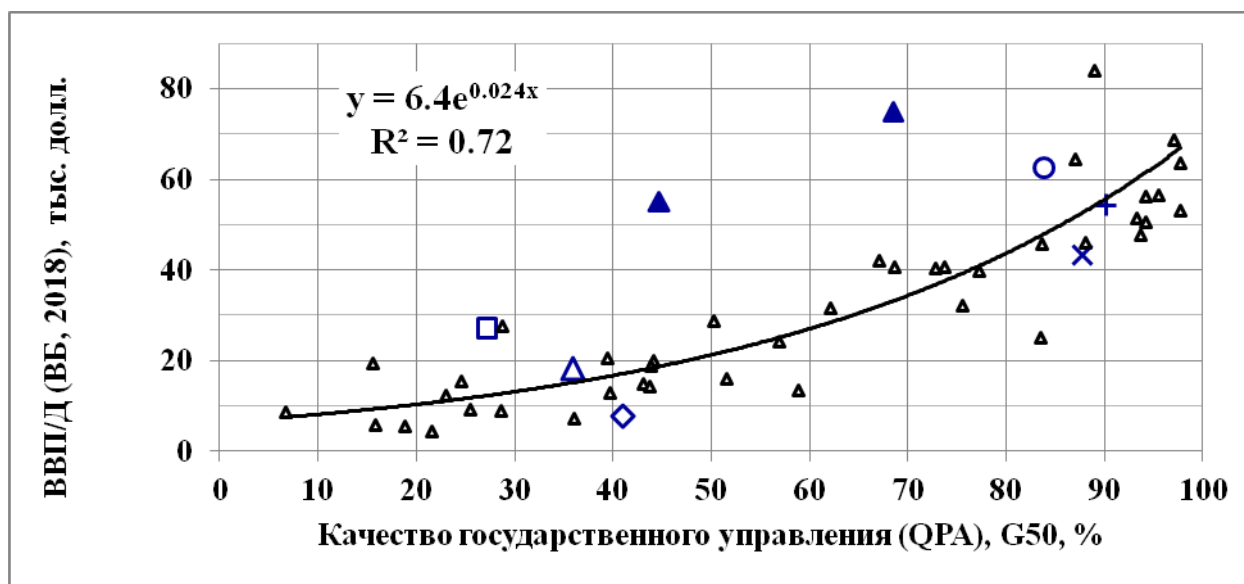


Рис. 4.21. Зависимость ВВП/Д по ППС от QPA для выборки G50

Данный рейтинг значительно сильнее дифференцирует крупнейшие развитые и развивающиеся страны. Индекс развивающихся стран меньше, чем для EDB более чем вдвое, а развитых – больше. Например, для России Индекс QPA = 0.27, а EDB = 0.78. Как и в рассмотренных выше рейтингах, показатели ВВП/Д России и Индии значительно отличаются от тренда (рис. 4.21), причем для Рос-

³⁹² Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M. Quality of public administration. Humanitarian encyclopedia: Research [Electronic resource] // Center for humanitarian technologies, 2006–2019 (last edition: 23.04.2009). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/governance-matters/governance-matters-info>

³⁹³ Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M. The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues World Bank Policy Research Working Paper.2010, No. 5430.

сии в большую сторону, а для Индии – наоборот. Хотя данный рейтинг аппроксимирует ВВП/Д с наиболее высоким коэффициентом детерминации 0.72 по сравнению с IEF и EDB, но и такую погрешность следует считать неприемлемой.

4.3.5. Число лет обучения

Mean years of schooling (MYS) представляет собой субиндекс глобального индекса Human Development Index³⁹⁴, который известен в России как Индекс человеческого развития (ИЧР) и формируется программой развития Организации Объединенных Наций (ПРООН). Средняя продолжительность обучения является одним из важнейших количественных показателей удельного человеческого капитала в различных странах. Важно, что данный показатель относительно точно определяется прямым измерением, в отличие от рассмотренных выше.

Вместе с тем по некоторым странам, в частности по Китаю и Индии, эти данные недостаточно точны. Для удобства сопоставления с влиянием других индикаторов величина MYS выражена в процентах путем деления на условную продолжительность высшего образования, которая принята равной 16 годам. Мы не используем в данном случае весь индикатор Human Development Index, поскольку он играет роль результата (функции) экономического развития стран, а не аргумента, а также включает в себя ВВП/Д, как показано в разделе 4.2.

Экспоненциальный тренд ВВП/Д от MYS для стран G50 приведен на рис. 4.22. Видно, что коэффициент детерминации составляет $R^2 = 0.7$, то есть больше, чем для IEF и EDB, но не достигает удовлетворительного уровня порядка $R^2 = 0.9$. Степенной тренд обеспечивает такое же значение R^2 .

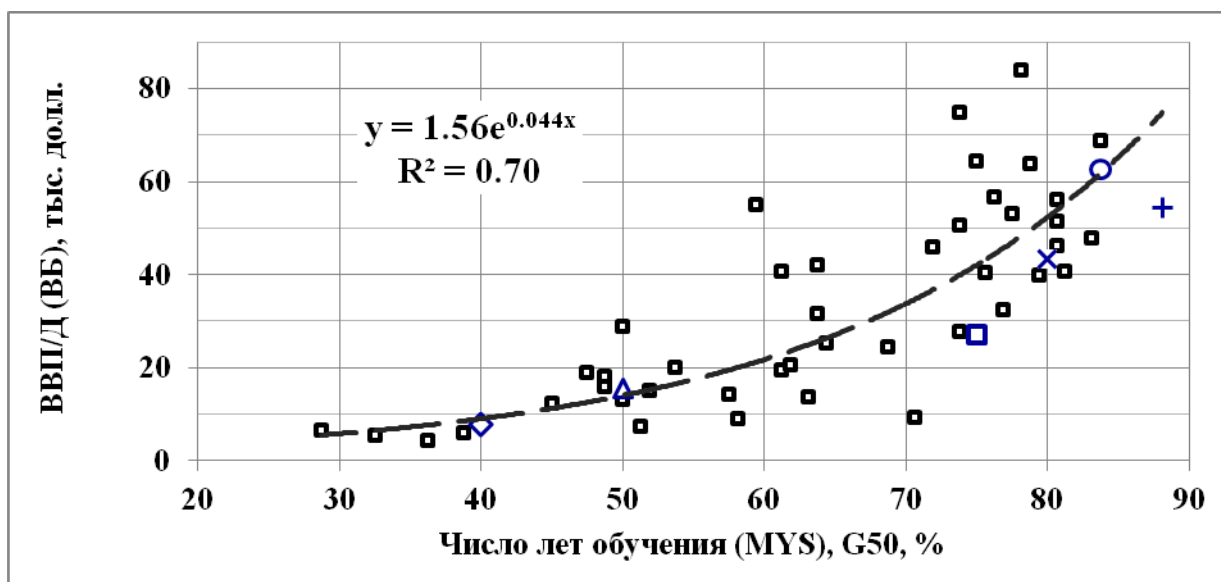


Рис. 4.22. Экспоненциальный тренд ВВП/Д по ППС от MYS для выборки G50

³⁹⁴ См. [356].

Устранение из выборки Саудовской Аравии и использование других трендов незначительно увеличивает коэффициент детерминации для выборки G50, а для G25 ведет к увеличению R^2 до 0.822 при экспоненциальном и до 0.866 при степенном тренде (рис. 4.23). Таким образом, данный Индекс позволяет почти достигнуть целевого значения коэффициента детерминации. Если сократить число стран в выборке до десяти (G10 – 61% мирового ВВП), то получается величина $R^2 = 0.917$ для степенного тренда и $R^2 = 0.904$ – для экспоненциального.

Хотя точки, характеризующие крупнейшие экономики, расположены достаточно близко к тренду ВВП/Д(MYS), но для России величина ВВП/Д меньше тренда примерно на 13 тыс. долл., то есть примерно на 50% своей величины, что сложно считать удовлетворительным. Однако это может означать, что ЧК России используется неэффективно.

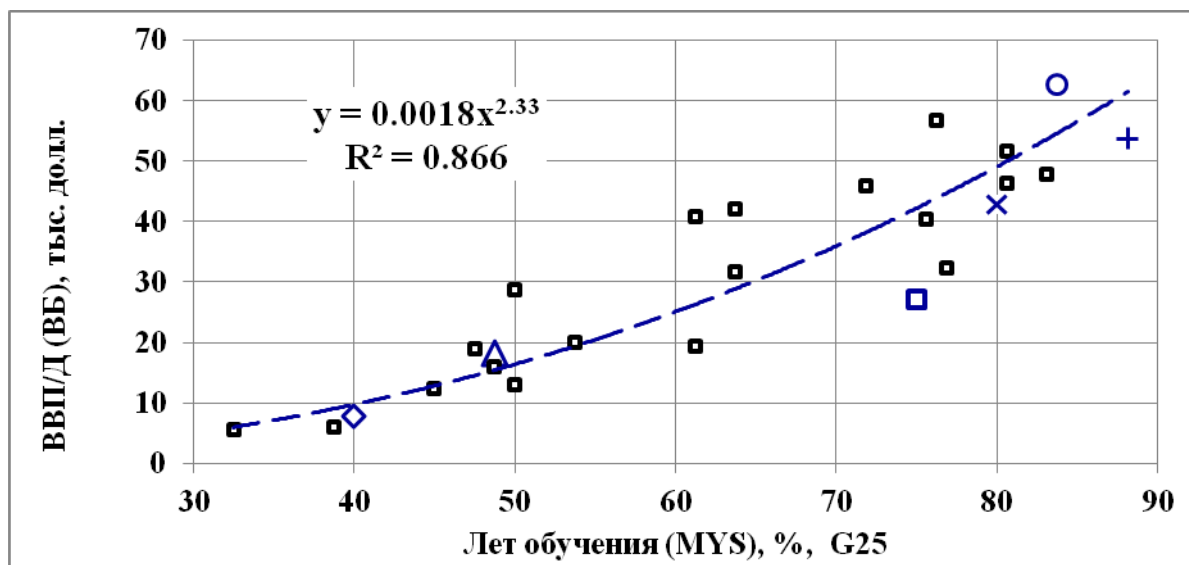


Рис. 4.23. Степенной тренд ВВП/Д по ППС от МYS для G25, без С. Аравии

4.3.6. Глобальный рейтинг конкурентоспособности

Global Competitiveness Index – GCI³⁹⁵ ориентируется на факторы конкурентоспособности стран. Он учитывает 12 субиндексов, в числе которых: макроэкономика, инфраструктура, институты, здоровье, образование, рынки товаров, услуг, финансов и труда, инновационный потенциал, технологическое развитие и конкурентоспособность бизнеса. Зависимость ВВП/Д от GCI для стран G50 дана на рис. 4.24.

³⁹⁵ Schwab K. The Global Competitiveness Index 4.0 2019 Rankings. World Economic Forum 2019. <https://www.weforum.org/reports/how-to-end-a-decade-of-lost-productivity-growth>

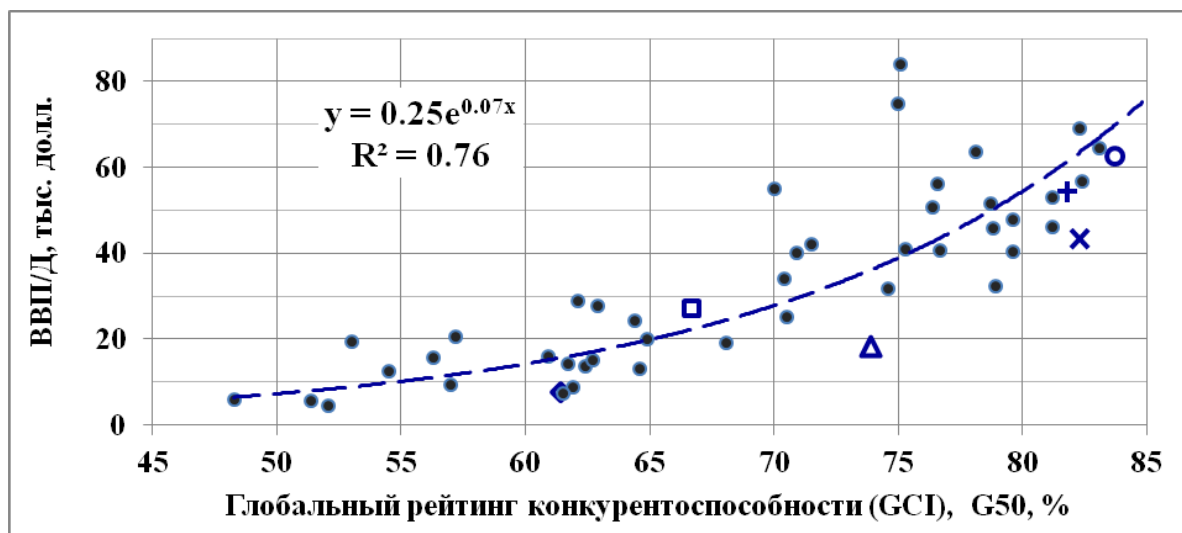


Рис. 4.24. Зависимость ВВП/Д от рейтинга конкурентоспособности GCI

Видно, что погрешность аппроксимации меньше, чем в рассмотренных выше вариантах индексов (IEF, EDB, GCI и MYS), для которых $R^2 = 0.50 \div 0.72$ (выборка G50). Тренды, отличные от экспоненциального, не улучшают погрешность аппроксимации. Степенная зависимость с показателем степени 4–5 дает примерно такую же погрешность аппроксимации ($R^2 = 0.76$). Исключение Саудовской Аравии из выборки позволяет увеличить R^2 до 0.77 для G50 и до 0.79 для G25. Величина ВВП/Д для Китая и Индии примерно вдвое меньше, чем следует из тренда, а для России больше примерно на 6 тыс. долл. в год.

Поскольку данный Индекс нацелен на прогнозирование, то это может означать, что в будущем величина ВВП/Д подтянется к тренду. Соответственно она увеличится у Китая и Индии, экономика которых быстро растет, а у России она выше за счет доходов от нефтяных ресурсов, которые не учитываются в субиндексах GCI. Для развитых же крупнейших стран (США, Германия) индекс прогнозирует небольшой запас роста ВВП.

4.3.7. Комплексный Индекс

Можно предположить, что использование композиции из нескольких Индексов позволит улучшить погрешность аппроксимации и соответственно улучшить возможности прогнозирования величины ВВП/Д с помощью комплексного Индекса. Формирование комплексного Индекса осуществлялось по формуле

$$IK = K_1 IEF + K_2 EDB + K_3 QPA + K_4 GCI + K_5 MYS, \quad (4.7)$$

где K_i – коэффициенты, в сумме дающие единицу:

Затем для различных K_i определялась статистическая зависимость ВВП/Д от IK и вычислялась величина R^2 . Далее находились значения K_i , при которых величина R^2 достигала максимума.

Поскольку лучший из найденных выше вариантов модели аппроксимации (ВВП/Д от MYS) соответствовал выборке G25 без Саудовской Аравии, то далее рассмотрим вариацию коэффициентов K_i для такой выборки, причем с двумя ва-

риантами тренда: экспоненциальным и степенным. Это может вызвать вопрос о корректности таких изменений выборки. Их логика заключается в том, чтобы отделить задачу исследования закономерности роста основной части мировой экономики от закономерностей развития малых по мировой доле ВВП наиболее и наименее успешных стран. Эта вторая часть задачи требует использования специальных подходов, и нет необходимости решать ее в общих рамках.

Полученные значения R^2 для вариантов комплексных Индексов (без С. Аравии), в сравнении с рассмотренными выше известными Индексами приведены в табл. 4.5 для экспоненциального и степенного трендов.

Видно, что наилучший вариант комплексного Индикатора IK_6 лучше варианта MYS по величине R^2 примерно на 0,05 и достигает целевого значения $R^2 > 0,9$. Этот и близкие к нему варианты в качестве основного компонента содержат индекс MYS, характеризующий человеческий капитал. Наименьший вклад в оптимальные варианты вносит Индекс экономической свободы – IEF.

Варианты $IK_3 - IK_6$ для G25 без С. Аравии характеризуются достаточно высокой величиной $R^2 > 0,9$, что делает логичным привлечение к оптимизации дополнительных требований. В частности, целесообразно особо рассмотреть выборку из 10 крупнейших экономик G10 (~60% мирового ВВП) с тем, чтобы прогноз роста ВВП/Д для G10 был еще более точным. В табл. 4.6 приведены расчеты R^2 для стран G10, G25, G50, а также определено среднее значение R^2 для этих трех выборок.

Таблица 4.5. Значения R^2 для комплексных Индикаторов, G25

	IEF	EDB	QPA	GCI	MYS	R^2 Экспонента	R^2 Степень
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5		
IK_1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.847	0.862
IK_2	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.866	0.889
IK_3		0.1	0.1	0.4	0.4	0.878	0.903
IK_4		0.1	0.1	0.2	0.6	0.877	0.912
IK_5		0.1	0.2	0.1	0.6	0.878	0.918
IK_6		0.1	0.25		0.65	0.875	0.919
MYS					1	0.822	0.866
GCI				1		0.792	0.789
QPA			1			0.753	0.717
EDB		1				0.59	0.583
IEF	1					0.582	0.582

Таблица 4.6. Значения R^2 для комплексных Индикаторов, выборки G10, G25, G50

	R2: тренд – экспонента				R2: тренд – степень				Индикаторы				
	G10	G25	G50	Сред.	G10	G25	G50	Сред.	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
ИК ₁	0.872	0.847	0.839	0.853	0.886	0.862	0.835	0.861	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ИК ₂	0.902	0.866	0.844	0.871	0.919	0.889	0.845	0.884	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
ИК ₃	0.937	0.878	0.839	0.885	0.950	0.903	0.842	0.898		0.1	0.1	0.4	0.4
ИК ₄	0.937	0.877	0.817	0.877	0.951	0.912	0.821	0.895		0.1	0.1	0.2	0.6
ИК ₅	0.928	0.878	0.825	0.877	0.947	0.918	0.830	0.898		0.1	0.2	0.1	0.6
ИК ₆	0.921	0.875	0.820	0.872	0.940	0.919	0.826	0.895		0.1	0.25		0.65
ИК ₇	0.944	0.877	0.828	0.883	0.960	0.909	0.833	0.900			0.1	0.4	0.5

Новые требования к комплексному индикатору состояли в максимизации среднего по трем выборкам G10, G25, G50 значению R^2 . Оптимальный вариант в этом случае – ИК₇ включает в себя: 50% – MYS, 40% – GCI и 10% – QPA. Следует отметить, что варианты ИК₃–ИК₇ не сильно различаются по величине коэффициента детерминации и ключевым здесь является значительное влияние Индикатора MYS, который и сам характеризуется достаточно высоким значением R^2 , а в комплексном Индексе является ядром комбинации.

Зависимость ВВП/Д от комплексного Индекса ИК₇ приведена на рис. 4.25 для выборки G25 без Саудовской Аравии (в долларах 2018 г. по данным ВБ). Точки России и Китая отклоняются от линии тренда на 5% и 7% соответственно, а ВВП/Д Индии меньше тренда на 35%.

Линия тренда на рис. 4.25 соответствует уравнению $y = 0.0001995x^{2.8324}$, где y = ВВП/Д, x = ИК₇. Для удобства можно также выразить x не в процентах, а в долях единицы. В результате, для модели прогноза согласно комплексному Индексу ИК₇ получим линию тренда с показателем степени 2.8324 (данная функция близка к кубической):

$$y = 92.21x^{2.8324} \quad (4.8)$$

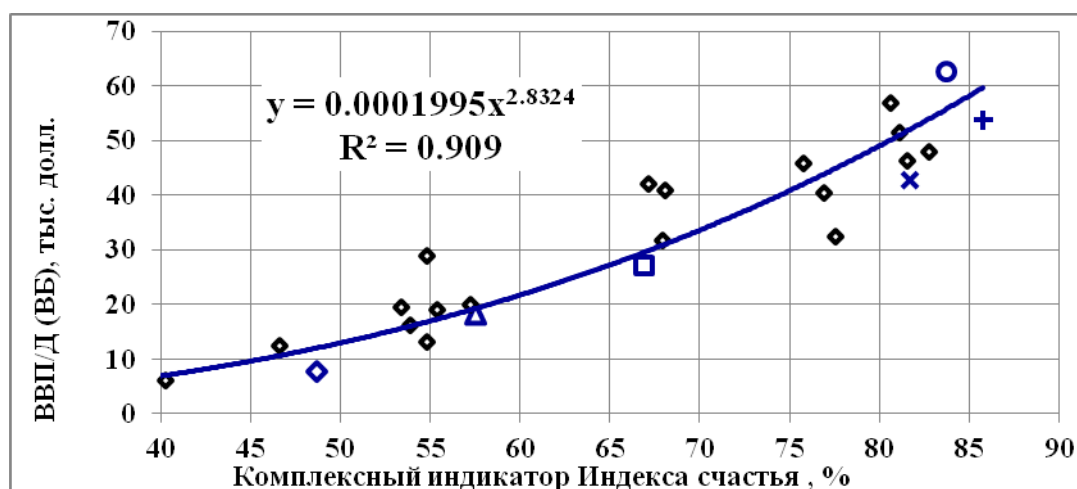


Рис. 4.25. Зависимость ВВП/Д от комплексного Индекса ИК₇

В табл. 4.7 приведены значения различных Индексов для четырех из крупнейших экономик. Там же приведены значения ВВП/Д – у по данным Всемирного банка за 2018 год, а также расчетное значение ВВП/Д для данных стран в соответствии с трендом и отклонение Δ данных величин в процентах.

Таблица 4.7. Значения различных Индексов и ВВП/Д для крупнейших экономик

Индекс	Страна	EDB, %	QPA, %	GCI, %	MYS, %	IK ₇ , %	Y, тыс. долл.	Тренд Y, тыс. долл.	Δ , %
Значение индекса, %	США	84	84	84	84	83,8	62,6	55,8	12
	Россия	78	27	66	75	67,2	27,1	29,5	-8
	Китай	78	36	74	49	60,4	18,2	19,3	-5
	Индия	71	41	61	40	51,8	7,8	12,0	-35

Видно, что для Китая и России отклонение при использовании комплексного Индекса IK_7 относительно небольшое, хотя с использованием других индексов оно было значительным. Для Индии отклонение осталось большим и составляет 35%, что с точки зрения прогнозирования весьма неточно. Вместе с тем это позволяет прогнозировать потенциал быстрого роста ВВП/Д в Индии.

Отметим также, что для США все четыре глобальных индекса имеют одинаковое значение 84%, а для других из данных стран их значения сильно различаются. Особенно отличается от других в меньшую сторону индекс QPA.

Поскольку мы исключили из выборки такие нефтедобывающие страны, как Саудовская Аравия, Катар и Кувейт, то целесообразно рассмотреть, насколько это ведет к снижению разности между реальными значениями величины ВВП/Д и прогнозом согласно модели IK_7 .

Для оценки величины этой разности были определены для нее значения стандартного отклонения для различного числа стран. Соответствующие значения стандартного отклонения для полной совокупности стран и без Саудовской Аравии, Катара и Кувейта приведены на рис. 4.26.

Видно, что при попадании в зону оценки Саудовской Аравии, Катара и Кувейта происходит резкое увеличение стандартного отклонения. Причина в том, что разность между прогнозируемым и реальным значением ВВП/Д для Саудовской Аравии составляет 130%, для Катара – 325%, для Кувейта – 362%. Таким образом, исключение этих стран из выборок было обоснованным. Следует отметить, что есть еще ряд стран, для которых разность между реальным и прогнозным значением ВВП/Д достаточно велика, а именно, Индия –35%, Италия +41%, Турция +71%, Филиппины –52%, ЮАР –44%, ОАЭ +93%, Сингапур 115%, Ирландия + 84%, Украина – 59%, Оман +84%. Однако указанные отличия не влияют значительно на стандартное отклонение всей выборки. Вместе с тем есть основание системно изучить в дальнейшем причины таких отклонений величины ВВП/Д.

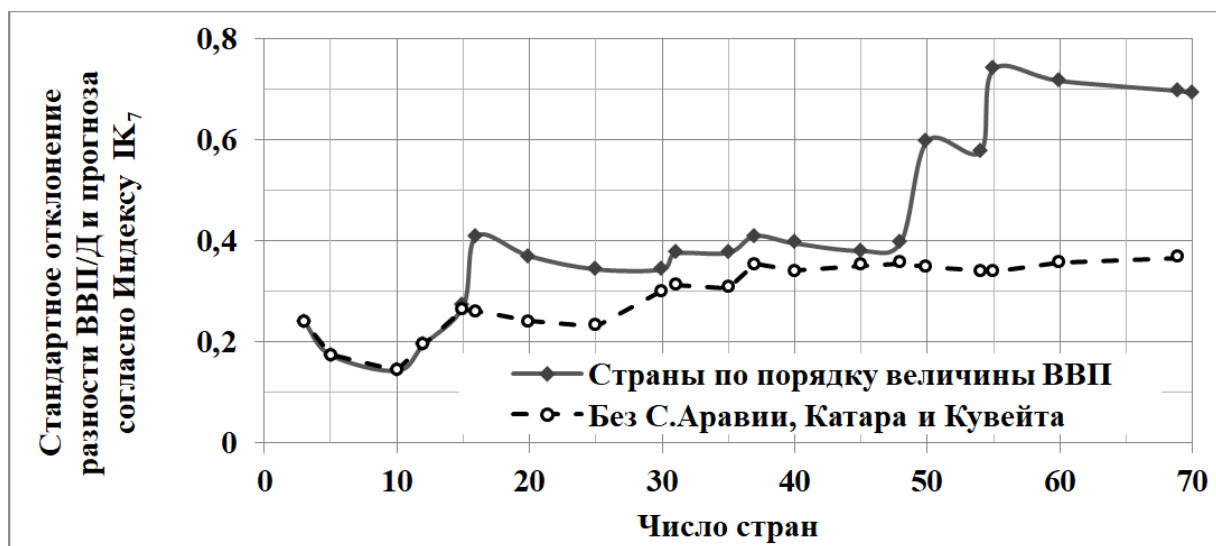


Рис. 4.26. Стандартное отклонение реального ВВП/Д от прогноза по ИК₇

4.3.8. Индекс счастья

В представленных выше исследованиях в качестве показателя результативности социально-экономической деятельности стран использовался ВВП на душу населения. Однако в настоящее время предпринимаются попытки использовать в качестве результата деятельности стран показатели, более ориентированные на интересы человека.

Одним из самых популярных из них является Индекс человеческого развития – ИЧР. Сложность заключается в том, что в качестве двух из трех компонент в него входят ВВП/Д и показатель, близкий к MYS. Таким образом, сложно понять является ли этот Индекс показателем результата (функцией) или аргументом. Как мы показали выше, ЧК, охарактеризованный показателем MYS, является ключевым аргументом для результата – ВВП/Д.

В качестве другого показателя результата социально-экономической деятельности может быть использован «Индекс счастья» (World Happiness Index – WHI)³⁹⁶, рассчитываемый ООН.

В Индексе WHI учитываются следующие компоненты: ВВП/Д, прогноз продолжительности здоровой жизни, социальная поддержка, свобода жизненного выбора, поддержка со стороны других людей, низкая коррупция, ощущение людьми положительных или отрицательных эмоций. Значительная часть данных Индекса определяется с помощью опроса жителей.

В качестве аргумента в ходе исследования использовалась та же модель (1), что и выше. Были определены значения R^2 для тех же вариантов, которые сведены в табл. 4.8, а также определен оптимальный применительно к WHI вариант ИК₈. Результаты расчетов коэффициента детерминации для зависимости WHI от различных комплексных Индексов приведены в табл. 4.8.

³⁹⁶ См. [327].

Таблица 4.8. Значения R^2 для зависимости WHI от комплексных Индексов

	R^2 : тренд – экспонента				R^2 : тренд – степень				IEF	EDB	QPA	GCI	MYS
	G10	G25	G50	Сред.	G10	G25	G50	Сред.	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
IK ₁	0.75	0.53	0.58	0.62	0.75	0.72	0.62	0.70	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
IK ₂	0.79	0.52	0.58	0.63	0.79	0.73	0.62	0.71	0.1	0.15	0.2	0.3	0.3
IK ₅	0.82	0.5	0.56	0.63	0.84	0.73	0.65	0.74		0.1	0.2	0.1	0.6
IK ₆	0.84	0.51	0.57	0.64	0.86	0.74	0.66	0.75		0.1	0.25		0.65
IK ₇	0.84	0.49	0.56	0.63	0.86	0.72	0.64	0.74			0.1	0.4	0.5
IK ₈	0.64	0.55	0.6	0.60	0.86	0.80	0.69	0.79	0.18	0	0.37	0.1	0.37
IEF	0.4	0.47	0.44	0.44	0.83	0.59	0.62	0.68	1				
EDB	0.15	0.29	0.31	0.25	0.72	0.31	0.39	0.47		1			
QPA	0.54	0.54	0.59	0.56	0.76	0.6	0.64	0.67			1		
GCI	0.47	0.45	0.5	0.47	0.59	0.51	0.57	0.56				1	
MYS	0.62	0.42	0.45	0.50	0.76	0.59	0.58	0.64					1

Зависимость WHI (IK₈) для выборки G25 показана на рис. 4.27.

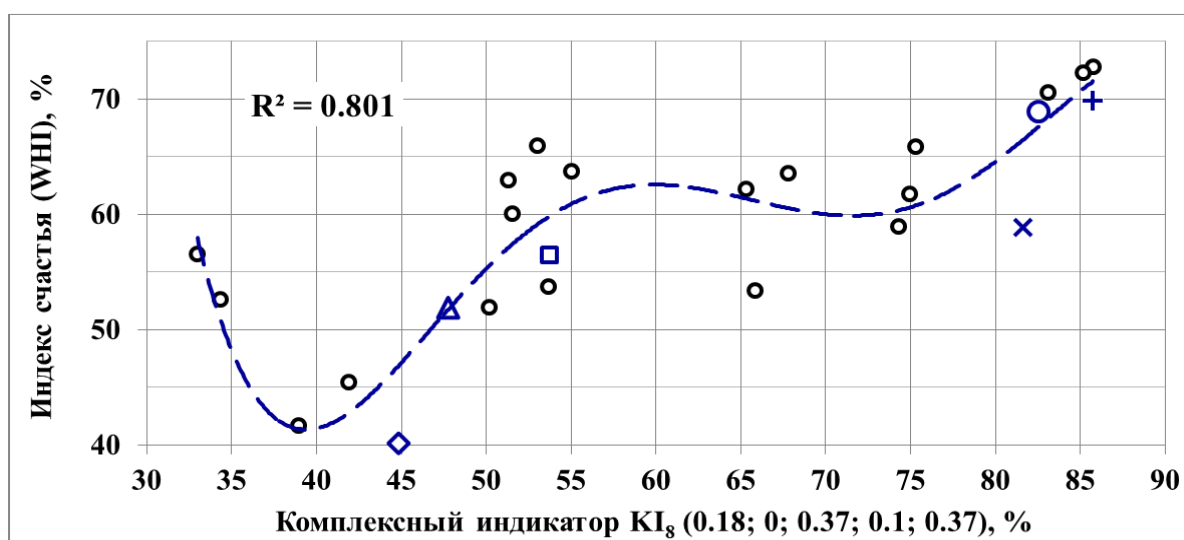


Рис. 4.27. Зависимость WHI от оптимального комплексного Индекса IK₈

Оптимальный для WHI индекс IK₈ не включает в себя индекс EDB и минимально – GCI, что, видимо, связано с их сильной ориентацией на конкурентоспособность и бизнес. Также увеличен вклад индексов Экономическая свобода IEF и Качество государственного управления QPA и несколько меньше, чем для ВВП/Д, вклад уровня образования MYS.

Как видно из сравнения табл. 4.6 и 4.8, коэффициенты детерминации для соответствующих оптимальных комплексных Индексов (IK₇ и IK₈) для WHI примерно на 0.1 ниже, чем для ВВП/Д. Это вполне ожидаемо, поскольку исходные Индексы (MYS, GCI, QPA, EDB, IEF) были сформированы для влияния на экономическое развитие. Тем не менее, достигнутое значение R^2 достаточно близко к целевому значению 0.9, особенно для выборки G10.

Точки, соответствующие России, Китаю и США близки к линии тренда. Точка Индии значительно ниже тренда, что аналогично ситуации с ВВП/Д. Это может означать или систематическое завышение исходных Индексов для Индии, или наличие в обществе проблем, которые оказывают влияние и на уровень ВВП/Д, и на уровень счастья. Например, это может быть кастовая система, которая ставит часть населения страны в неудовлетворительное положение, но не фиксируется Индексами.

Выводы

1. Проведено сравнительное исследование влияния ряда глобальных Индексов на результаты социально-экономической деятельности стран, включая: Индекс экономической свободы IEF, Легкость ведения бизнеса EDB, Качество государственного управления QPA, Число лет обучения MYS, Глобальный рейтинг конкурентоспособности GCI.
2. Изучено влияние выборок, различных по количеству стран, и стран, интенсивно добывающих энергетические ресурсы. Показано, что наличие в выборке Саудовской Аравии, Кувейта и Катара ведет к значительному уменьшению R^2 .
3. Показано, что из числа широко известных глобальных Индексов и их компонент наибольшее влияние на величину ВВП на душу населения ВВП/Д оказывает Глобальный рейтинг конкурентоспособности и число лет обучения MYS. Число лет обучения при степенном тренде обеспечивает высокий коэффициент детерминации $R^2 = 0.87$ для выборки из 25 крупнейших экономик G25 без С. Аравии и $R^2 = 0.92$ для G10 (61% мирового ВВП в долл. США, 2018 г., ВБ).
4. Предложена модель комплексного Индекса, состоящего из линейной композиции Индексов IEF, EDB, QPA, GCI, MYS. Оптимизация коэффициентов комплексного Индекса – ИК произведена с целью максимизации средней величины R^2 для выборок G10, G25, G50. Найдено оптимальное значение компонент: ИК₇ (IEF–0; EDB–0; QPA–0.1; GCI–0.4; MYS–0.5). Для ИК₇ коэффициент детерминации $R^2 = 0.91$ для G25 и $R^2 = 0.96$ для G10.
5. Отклонение прогноза ВВП/Д с помощью Индекса ИК₇ для России составляет –8%, для Китая –5%, для США +12%, для Индии –35%. Стандартное отклонение разности между прогнозом и реальным значением составляет около 0.3 при исключении из выборок С. Аравии, Катара и Кувейта.
6. Использование в качестве результата социально-экономической деятельности «Индекса счастья» позволяет найти оптимальный вид комплексного Индекса со значениями компонент ИК₈ (IEF–0.18; EDB–0; QPA–0.37; GCI–0.1; MYS–0.37). При этом оптимальная величина R^2 меньше, чем для ВВП/Д примерно на 0.1 ($R^2 = 0.80$ для G25 и $R^2 = 0.86$ для G10).

4.4. Научный анализ индекса экономики счастья применительно к развитию человеческого капитала³⁹⁷

В индустриальном обществе в качестве показателя благосостояния населения использовался ВВП/Д. Ситуация стала принципиально меняться в XXI веке, когда около 80% национального богатства развитых стран стал составлять человеческий капитал, базирующийся на интеллектуальных способностях работников. Концепция ЧК представляет собой оценку способностей работников выполнять полезный для общества труд на основе своей высокой квалификации и создавать общественное богатство. Поэтому очень важно преумножать ЧК и тем самым развивать потенциал социально-экономического развития общества.

Для развития ЧК важно наличие условий для всемерного повышения квалификации работников, а также поддержания их здоровья и способности к производительному труду. Среди соответствующих условий можно отметить: высокий уровень благосостояния, возможность продолжительного обучения, поддержание здоровья, эмоциональный комфорт, возможность применять полученные навыки в трудовой деятельности и наличие мотивации к образованию и труду. В настоящее время комплекс близких к описанному состоянию социально-экономических условий принято обобщенно характеризовать термином "счастье"^{398, 399, 400}.

В то же время, ВВП (GDP) не нацелен непосредственно на повышение благосостояния населения и поэтому недостаточно эффективен в качестве показателя улучшения условий для жизни людей, в том числе для роста человеческого капитала. В нем не отражено негативное воздействие производственной деятельности на природную среду⁴⁰¹. В состав ВВП входят расходы на вооружение, незаконные и скрытые виды деятельности, в том числе производство наркотиков и проституция. Разработчики последней версии Системы национальных счетов (СНС) 2008, утверждают, что "показатель ВВП никогда не предполагался для измерения благополучия"⁴⁰².

В качестве ответа на вызов времени была предложена экономическая концепция счастья. В 2011 году на 65-й сессии ООН была принята резолюция: «Счастье: целостный подход к развитию», согласно которой международные ин-

³⁹⁷ Результаты, представленные в данном разделе, опубликованы в работе: Orekhov V.D., Prichina O.S. at al. Scientific analysis of the Happiness Index in regard to the human capital development // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020, Vol. 12, Special Issue. P. 467–478.

³⁹⁸ Easterlin, R.A. Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence / R.A. Easterlin – 1974.

³⁹⁹ Veenhoven, R. Questions on happiness: Classical topics, modern answers, blind spots. In F. Strack, M. Argyle, & N. Schwarz (Eds.). Subjective well-being: An interdisciplinary perspective (P. 7-26). Oxford, England: Pergamon Press, 1991. – P. 14.

⁴⁰⁰ Шматова Ю.Е., Морев М.В. Исследование уровня счастья: литературный обзор российских и зарубежных исследований. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз 3 (39) 2015. 141–162 с. DOI: 10.15838/esc/2015.3.39.11

⁴⁰¹ Там же.

⁴⁰² Peter van de Ven. The Implementation of the 2008 SNA and the Main Challenges. 2014 _rus.pdf Third General conference of the international Association for the study of income and wealth, Rotterdam.

дексы счастья являются ключевыми параметрами успешности развития государств. В качестве цели общественного развития принимается создание наибольшего счастья для людей, а не рост богатства⁴⁰³.

Поскольку меняется ключевая цель, миссия развития общества, то должна измениться и стратегия ее достижения на уровне регионов, стран и всего мира. Соответственно меняются и показатели развития. Однако в настоящее время переход к новому общественному целеполаганию находится в начале своего пути, и показатели счастья в разных странах существенно различаются и зависят от систем ценностей, характерных для этих стран. Как правило, концепция счастья применительно к обществу рассматривается как цель государственного управления и критерий оценки его эффективности. Однако повышение уровня счастья одновременно способствует улучшению условий для роста ЧК. Именно с этой точки зрения показатели счастья будут рассматриваться в данном разделе.

Таким образом, представляется, что показатель уровня счастья лучше характеризует условия, благоприятные для развития ЧК, чем ВВП на душу населения. Для использования возможностей сравнения стран в качестве цифровой характеристики счастья удобно воспользоваться одним из глобальных Индексов счастья. Среди них вызывает наибольшее доверие «Индекс счастья» – World Happiness Index WHI⁴⁰⁴, разработанный в рамках исследовательского проекта международной программы United Nations Sustainable Development Solutions Network.

В этом Индексе учитываются следующие составляющие: прогноз продолжительности здоровой жизни, ВВП/Д, свобода жизненного выбора, социальная помощь и поддержка другими людьми, низкая коррупция, а также ощущение людьми положительных или отрицательных эмоций.

Далее мы будем рассматривать WHI, как результат (функцию) деятельности экономики по аналогии с ВВП. С другой стороны, важно понять, от каких аргументов (Предикторов) зависит этот результат. Поскольку в реальности он зависит от большого количества параметров, то удобно выбрать в качестве Предикторов ограниченное число наиболее известных агрегированных глобальных Индексов. В отличие от исследования, представленного в предыдущем разделе, здесь в число Предикторов мы включаем и ВВП/Д.

4.4.1. Методика

Цель раздела заключается в разработке регрессионной модели взаимосвязи World Happiness Index как показателя условий для развития человеческого капитала с агрегированными глобальными Индексами.

Методологической основой работы по достижению этой цели является регрессионный и корреляционный анализ. В качестве показателя результативности

⁴⁰³ Резолюции 65-й сессии Генеральной ассамблеи ООН (2010–2011 годы), отчет A/65/PV.109. – 2011.
URL: <https://www.un.org/ru/ga/65/docs/65res4.shtml>

⁴⁰⁴ См. [327].

(функция) деятельности общества использовался *World Happiness Index*. Согласно Большому энциклопедическому словарю (1998), счастье это “состояние человека, соответствующее внутренней удовлетворенности своим бытием, полноте и осмысленности жизни”. В словаре С.И. Ожегова⁴⁰⁵ даны два значения этого слова: “Чувство и состояние полного, высшего удовлетворения” и “Успех, удача”. Таким образом, общепринятое значение этого слова относится к наиболее высокому уровню удовлетворенности жизнью, и обозначение им континуума уровней удовлетворенности является расширением известного понятия. Поэтому далее мы будем относиться к данному слову как к социально-экономическому термину, обладающему определенной спецификой, в частности, представленностью на континууме цифровых значений 0 – 1. Более того, нас будут интересовать, прежде всего, не самые высокие уровни “счастья”.

В качестве Предикторов (факторы, аргументы), характеризующих социально-экономическое и правовое устройство стран, выберем индексы из числа наиболее известных, которые представлены в табл. 4.9. По сравнению с исследованием, проведенном в разделе 4.3, в число Предикторов добавлен ВВП на душу населения (ВВП/Д) по паритету покупательной способности.

Таблица 4.9. Исследуемые в качестве Предикторов Индексы

Сокращение	Название на английском языке	Название на русском языке
IEF	Index of Economic Freedom	Индекс экономической свободы
EDB	Ease of Doing Business Ranking	Легкость ведения бизнеса
WGI	Worldwide Governance Indicators	Индекс качества управления
GCI	Global Competitiveness Index	Индекс конкурентоспособности
MYS	Mean Years of Schooling	Число лет обучения
GDP/C	GDP per capita (at purchasing power parity – PPP)	ВВП на душу населения (по паритету покупательной способности – ППП)

Единственный Предиктор, рассматриваемый в данной работе и не относящийся к глобальным Индексам, это число лет обучения (Mean Years of Schooling – MYS). Данный параметр является субиндексом Human Development Index⁴⁰⁶, составляемого Программой развития Организации Объединенных Наций (UNDP). Использование его связано с тем, что он достаточно точно определяется прямым измерением числа лет обучения населения, в отличие от других Индексов в табл. 4.9. Для удобства его сравнения с другими Индексами значение MYS представлено в относительных величинах путем отнесения к условной длительности третичного образования, которое принято равным 16 годам. Полный Human Development Index нами не используется, поскольку в его состав входит

⁴⁰⁵ Ожегов С.И. Словарь Русского языка. Изд. 16-е. М.: “Русский язык”, 1984. С. 681.

⁴⁰⁶ Human Development Indices and Indicators 2018 Statistical Update. United Nations Development Programme. 1 UN Plaza, New York, NY 10017 USA

ВВП/Д, и он в большей мере является результатом социально-экономического развития страны, а не Предиктором⁴⁰⁷. В исходном виде рассматриваемые Индексы представлены, как правило, в 100- или 10-балльном формате, но здесь они приведены к единому формату – в долях единицы.

Достоинством рассматриваемых Индексов (Рейтингов, Индикаторов) является агрегированность, глобальный охват, регулярное обновление и широкое публичное обсуждение. Далее методами регрессионного и корреляционного анализа определялась зависимость Индекса счастья от этих Индексов-Предикторов. Также осуществлялся поиск оптимального комплексного Индекса, который позволяет с наименьшей погрешностью аппроксимировать зависимость Индекса счастья от Предикторов.

Поскольку страны мира сильно различаются по численности населения и величине ВВП, то задача их сравнения и выявления статистических закономерностей является неоднозначной и требует использования корректирующих методик, в частности, ограничения разнообразия корреляционного поля. Поскольку малые страны легко подвержены разнообразным влияниям, то соответствующий им разброс точек может быть более случайным, а корреляция с функцией WHI низкая. В связи с этим использовались выборки, в состав которых включались относительно крупные страны по величине ВВП. При этом доля мирового ВВП, охватываемая регрессионной зависимостью, будет достаточно высокой. В работе использовались четыре выборки стран, ранжированных по величине ВВП, которые представлены в табл. 4.10.

Таблица 4.10. Используемые выборки стран

Обозначение	Число стран в выборке	Доля мирового ВВП, %	Минимальный размер ВВП, млрд долл.
G6	6	51.7	4 000
G12	12	64.9	2 500
G24	24	78.1	1 000
G48	48	88.6	~400

Поскольку размер ВВП на одну страну разных выборок различается очень сильно (до 50 раз), то нахождение единой регрессионной зависимости для них не имеет существенного смысла. Далее определяются регрессионные зависимости и коэффициенты детерминации R^2 для последовательности выборок из табл. 4.10, а также средние арифметические значения mid этих параметров. Поскольку при осреднении параметры стран, входящих в меньшие выборки, будут вносить вклад в большее число полученных зависимостей, то тем самым их вес будет больше, чем вес стран, входящих только в большие выборки. Таким образом, среднее значение трендов и коэффициенты детерминации будут скорректированы в сторону адекватного вклада крупных экономик. С целью визуального представления регрессионных и корреляционных характеристик, страны выборки G6

⁴⁰⁷ См. [386].

обозначались на графиках особыми маркерами: Китай – Δ , США – $\circ$, Индия – $\diamond$, Япония – $\times$, Германия – $+$, Россия – $\square$.

В процессе формирования математической модели зависимости Индекса счастья от различных Предикторов составлялось уравнение регрессии, определялись коэффициенты детерминации R^2 для выборок из табл. 4.10, а также их среднее арифметическое значение R_m^2 для 4-х выборок. Разработка моделей была нацелена на поиск комплексного Предиктора с высокой корреляцией с WHI. В качестве показателя уровня корреляции использовался коэффициент детерминации, целевое значение которого составляло 0.9. Оптимальным считался Предиктор, для которого среднее арифметическое значение по 4-м выборкам было максимальным.

Комплексные Предикторы представляют собой линейную композицию Предикторов, представленных в табл. 4.9, согласно формуле, аналогичной (4.7)

$$IK = k_1IEF + k_2EDB + k_3WGI + k_4GCI + k_5MYS + k_6ВВП/Д, \quad (4.9)$$

где k_i – коэффициенты, которые принимают значения в диапазоне $0 \div 1$ и в сумме дают единицу.

Для различных k_i определялась регрессионная зависимость Индекса счастья от СИ и вычислялась величина R_m^2 . Затем осуществлялся поиск оптимального Предиктора (с максимальным ΔR_m^2) методом координатного спуска с циклическим изменением k_i .

4.4.2. Анализ парных регрессий WHI с глобальными Индексами

1. Индекс экономической свободы – Index of Economic Freedom (IEF)⁴⁰⁸ – это один из наиболее известных рейтингов. Система субиндексов IEF содержит показатели свободы: торговли, бизнеса, денег, финансов, инвестиций, налогов, трудовых отношений, а также защиту прав собственности, от избыточности правительства и коррупции. Считается, что экономическая свобода благоприятствует экономическому росту. Однако Индексу “присущ субъективизм в присвоении баллов”⁴⁰⁹. “Фактически данный индекс оценивает не экономическую свободу, а степень близости стран к идеалу либеральной экономики”⁴¹⁰.

Анализ зависимости Индекса свободы от IEF свидетельствует о наличии их статистической взаимосвязи, как показано на рис. 4.28 на примере 24 крупнейших по ВВП экономик. График тренда имеет два минимума. Наилучшую аппроксимацию дает полиномиальный тренд 5-й степени. Однако в этом случае коэффициент детерминации $R^2 = 0.63$, поэтому аппроксимацию нельзя считать удовлетворительной. При линейном тренде $R^2 = 0.56$. Для выборки G12 и степенного тренда пятой степени $R^2 = 0.81$, а для выборки G48: $R^2 = 0.63$.

⁴⁰⁸ См. [373].

⁴⁰⁹ См. [375].

⁴¹⁰ См. [376].

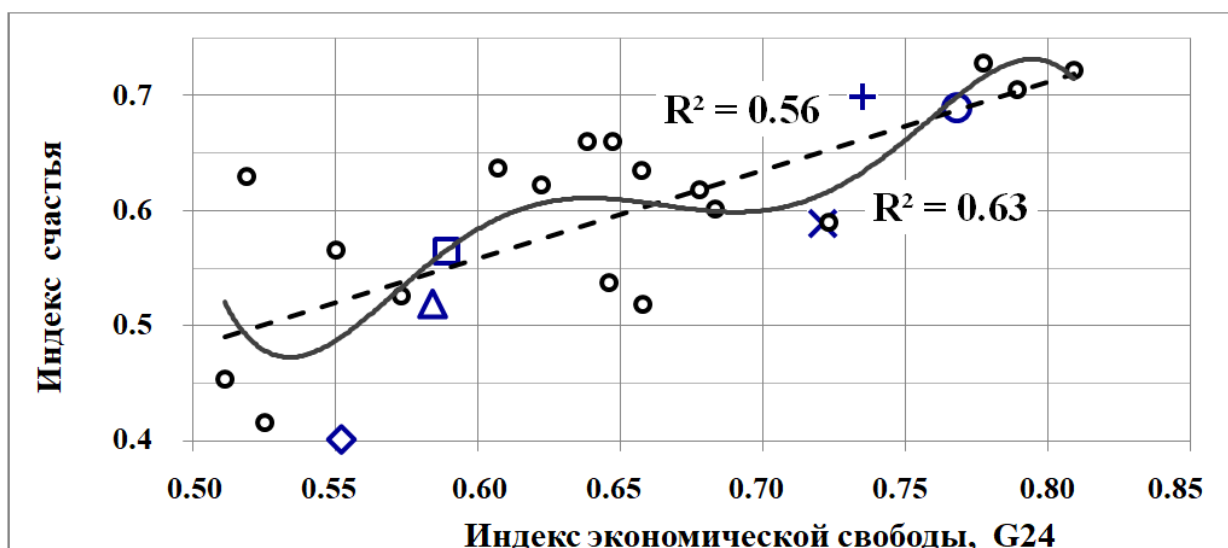


Рис. 4.28. Зависимость Индекса счастья от Индекса экономической свободы, G24

На рис. 4.28 выделены точки шести крупнейших экономик, представляющие 52% мирового ВВП. Видно, что для выборки G24 наибольшее отклонение от тренда в минус у Индии, а в плюс – у Германии. Точка, соответствующая России, близка к линии тренда. Как видно из рис. 4.29, форма тренда существенно меняется при увеличении объема выборки до G48.

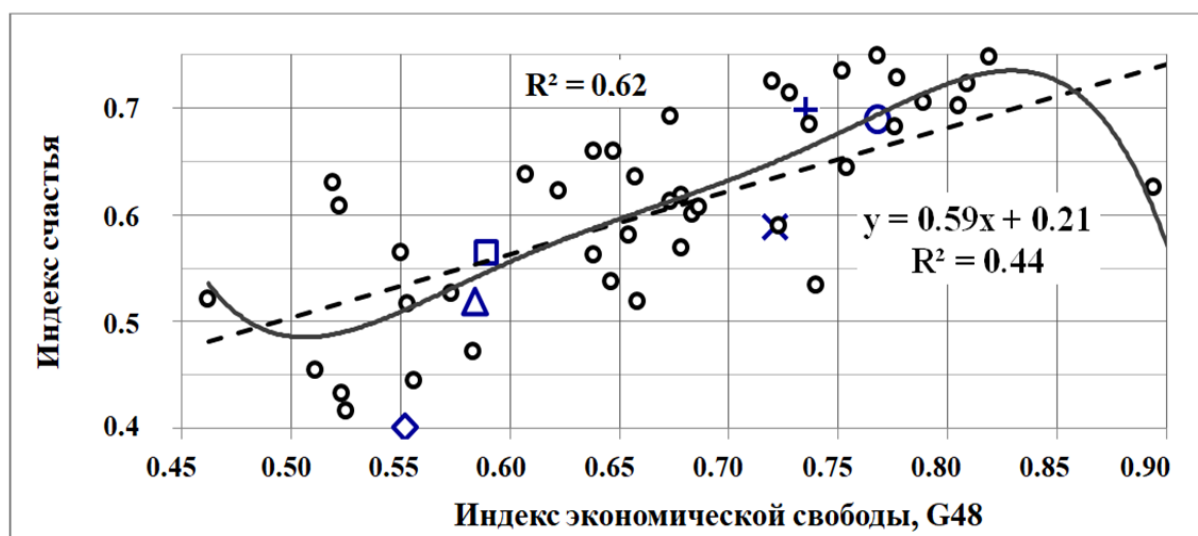


Рис. 4.29. Зависимость Индекса счастья от Индекса экономической свободы, G48

2. Легкость ведения бизнеса – Ease of Doing Business Ranking или Doing business EDB⁴¹¹ – индекс, разработанный для определения удобства начала и ведения бизнеса в стране. Он включает в себя десять индикаторов, характеризующих легкость: начала бизнеса, строительства, доступа к электроснабжению, регистрации недвижимости, оформления кредита, защиты инвестиций, налогооб-

⁴¹¹ См. [377].

ложения, международной торговли, ведения контрактов и завершения бизнеса. В соответствии с рейтингом Doing business 2020, который был подготовлен World Bank Group в 2019 году, Россия заняла 28-е место, обойдя Китай, Японию и Испанию. В указах В.В. Путина 2012 года была поставлена цель, войти по показателю Doing business в Топ-20 к 2018 году. В 2018 году ее решение перенесено⁴¹² на 2024 г. На рис. 4.30 представлена зависимость Индекса счастья от Doing business для выборки G24.

Видно, что коэффициент детерминации меньше, чем для IEF, и составляет для полиномиального тренда 0.37, а для линейного 0.34. Низкий уровень корреляции, вероятно, связан со спецификой Индекса EDB, который нацелен на конкретные проблемы бизнеса, а не на уровень счастья.

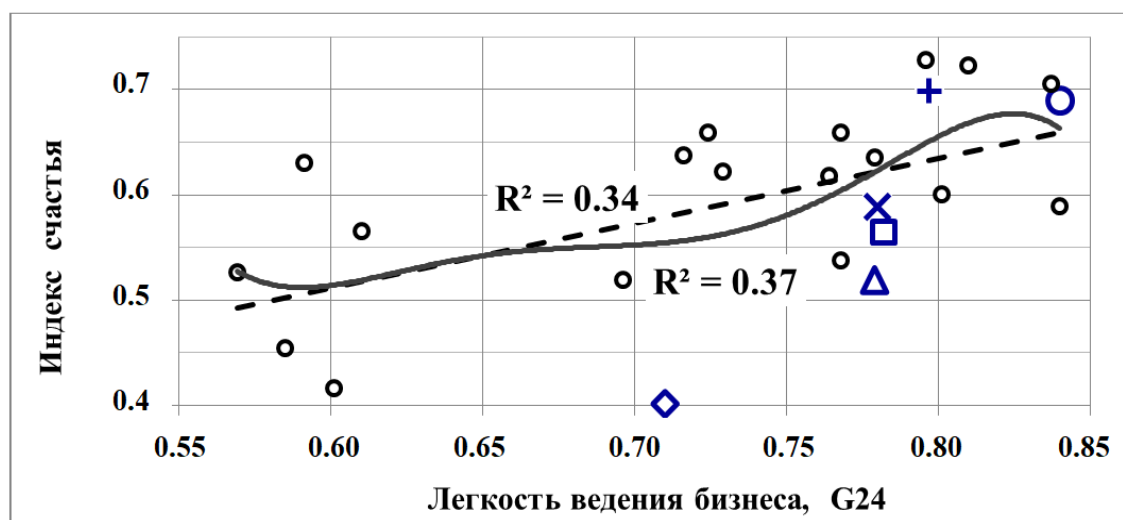


Рис. 4.30. Зависимость Индекса счастья от индекса «Легкость ведения бизнеса»

3. Индекс качества управления – Worldwide Governance Indicators WGI⁴¹³ (также известен, как Quality of public administration – QPA, раздел 4.1). Индекс включает шесть субиндексов: свобода слова, подотчетность властей, уровень насилия и стабильность, эффективное управление, верховенство законов и их качество, уровень коррупции.

⁴¹² Гальчева А. Россия обошла Руанду и Испанию в деловом рейтинге Всемирного банка. РБК, Экономика, 24.11.2019.

⁴¹³ См. [318].

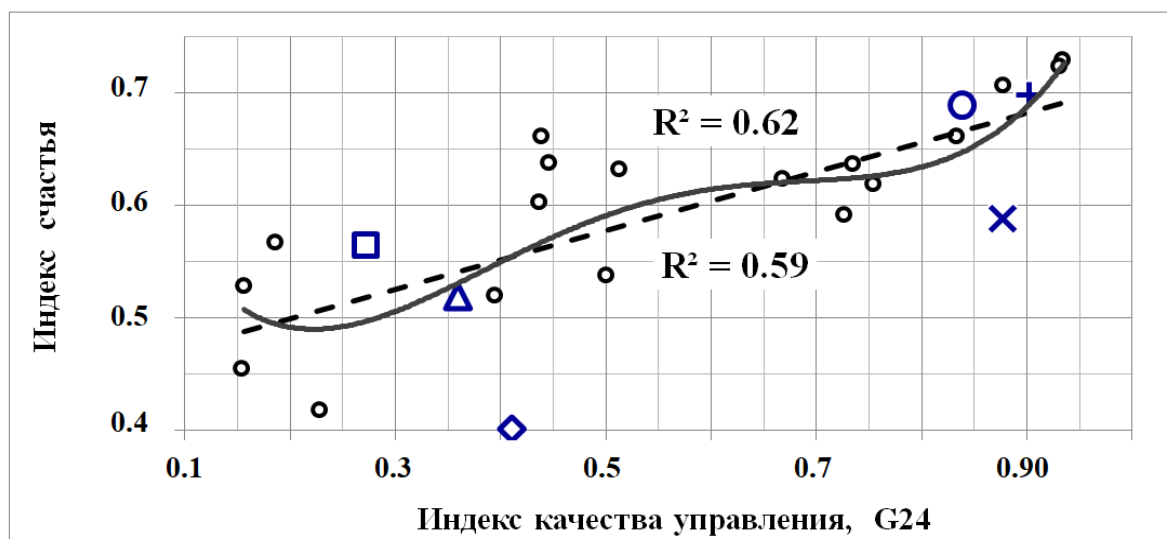


Рис. 4.31. Зависимость Индекса счастья от Индекса качества управления, G24

Зависимость Индекса счастья от Индекса качества управления для выборки G24 приведена на рис. 4.31. Видно, что коэффициент детерминации для степенного тренда 4-й степени 0.62 примерно такой же, как для IEF, а для линейного тренда – 0.59.

Данный рейтинг значительно сильнее дифференцирует крупные развитые и развивающиеся страны. Индекс развивающихся стран меньше, чем для ранее рассмотренных Индексов, более чем вдвое, а для развитых, как правило, больше. Например, для России WGI = 0.27, а EDB = 0.78, а для США оба они равны по 0.84. При увеличении размера выборки до G48 тренд становится более монотонным (рис. 4.32).

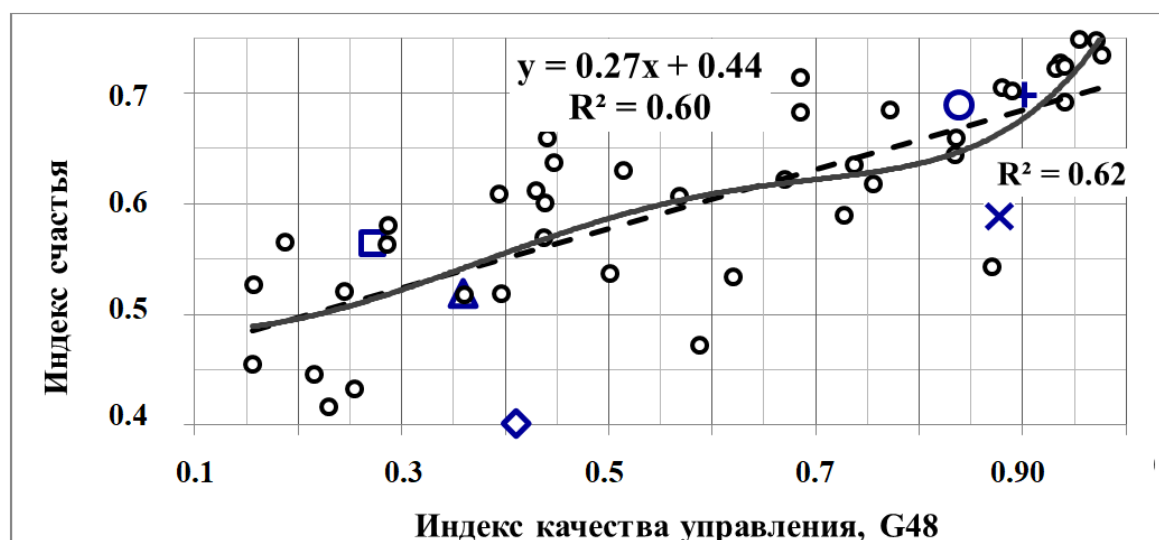


Рис. 4.32. Зависимость Индекса счастья от Индекса качества управления, G48

4. Индекс конкурентоспособности – Global Competitiveness Index GCI⁴¹⁴ характеризует конкурентоспособность стран по 12 направлениям, в числе которых: макроэкономика, инфраструктура, рынки товаров и услуг, финансов и труда, институты, здоровье, образование, инновационный потенциал, конкурентоспособность бизнеса и технологическое развитие. Зависимость Индекса счастья от GCI для стран G24 и степенной тренд 4-й степени даны на рис. 4.33.

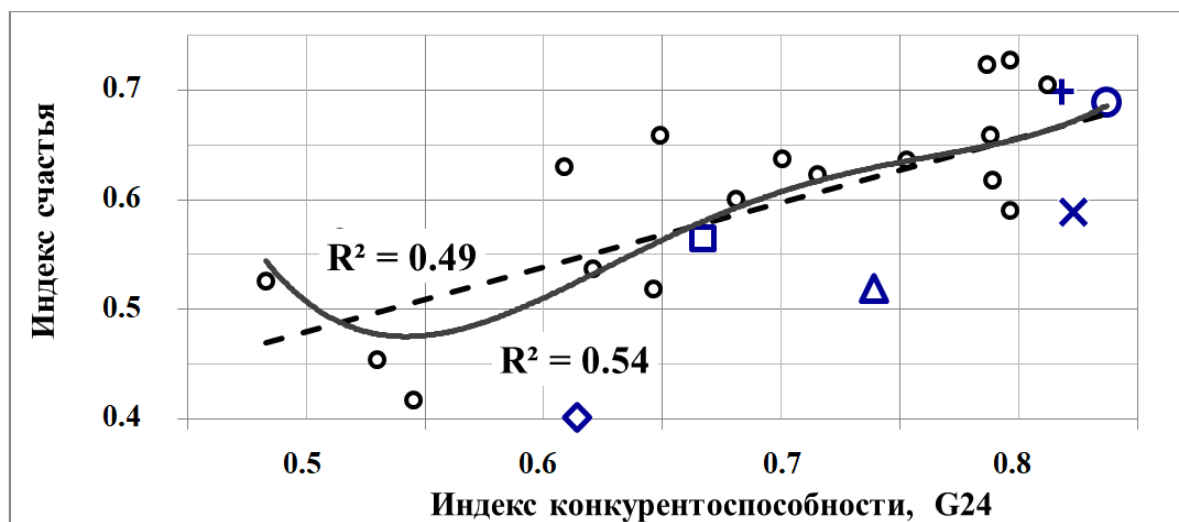


Рис. 4.33. Зависимость Индекса счастья от Индекса конкурентоспособности, G24

Погрешность аппроксимации в данном случае $R^2 = 0.54$, что меньше, чем для IEF и WGI, но больше, чем для EDB. Для линейного тренда $R^2 = 0.49$. Для этого индекса точки Индии и Китая значительно ниже тренда, а России – вблизи тренда.

5. Mean years of schooling – MYS. Этот индикатор представляет собой субиндекс индекса Human Development Index⁴¹⁵. Он формируется программой развития ООН (ПРООН). Продолжительность обучения является одним из важнейших показателей ЧК в различных странах. Для удобства сравнения с другими индикаторами значение MYS выражено в процентах путем отнесения к условной продолжительности высшего образования, которая считалась равной 16 годам. Весь индикатор Human Development Index здесь не используется, поскольку он играет скорее роль результата экономического развития стран, а не предиктора.

Зависимость Индекса счастья от Mean years of schooling для стран G24 приведена на рис. 4.34. Для линейного тренда коэффициент детерминации $R^2 = 0.46$. Для степенного тренда 5-й степени $R^2 = 0.59$, то есть несколько меньше, чем для IEF и WGI. Для данного тренда ярко выражено наличие двух минимумов. При увеличении размера выборки до G48 (рис. 4.35) эти минимумы сохраняются.

⁴¹⁴ Schwab K. The Global Competitiveness Index 4.0 2019 Rankings. World Economic Forum 2019.

⁴¹⁵ Human Development Indices and Indicators 2018 Statistical Update. United Nations Development Programme. 1 UN Plaza, New York, NY 10017 USA.

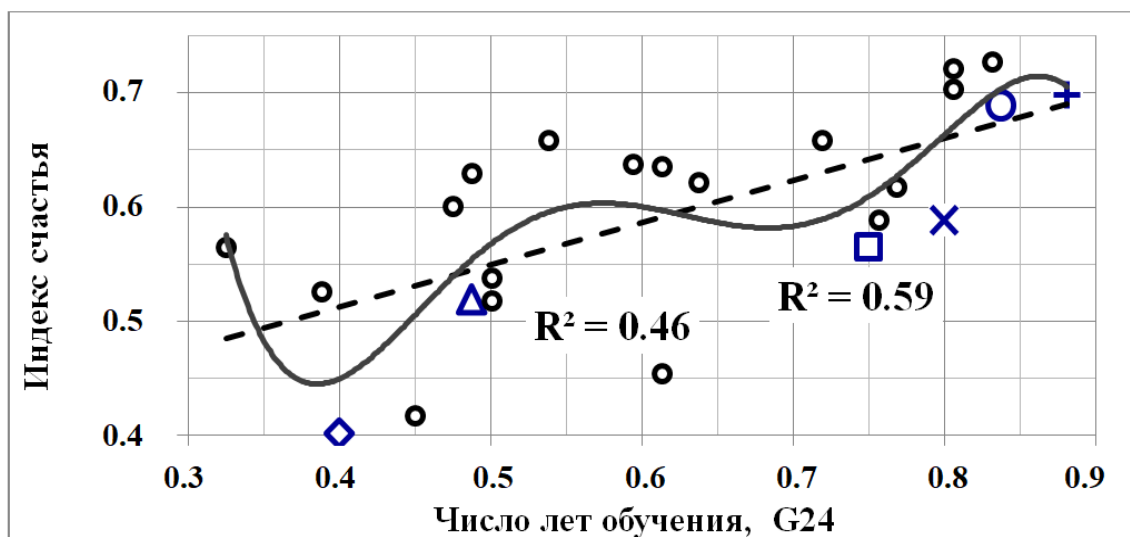


Рис. 4.34. Зависимость Индекса счастья от числа лет обучения, G24

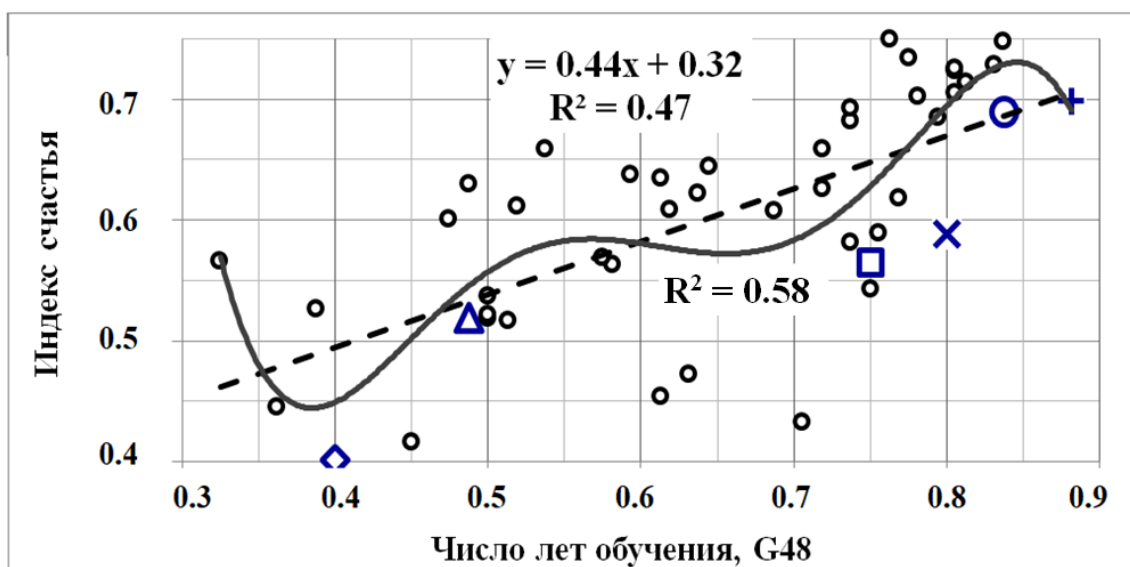


Рис. 4.35. Зависимость Индекса счастья от числа лет обучения, G48

6. ВВП на душу населения по ППП

Одним из важнейших Предикторов Индекса счастья является, ВВП на душу парадокса Р.А. Истерлина⁴¹⁶, согласно которому рост доходов на душу населения приводит к росту счастья лишь до определенного уровня, но не более. Далее по мере роста доходов начинают возрастать и потребности людей. Альтернативное мнение заключается в том, что уровень счастья зависит от логарифма доходов на душу населения согласно линейному тренду Е. Diener⁴¹⁷.

Рассмотрим зависимость Индекса счастья от ВВП/Д в той же форме, что и другие предикторы. Соответствующий график дан на рис. 4.36 для выборки G24 со степенным и линейным трендами, для которых коэффициенты детерминации

⁴¹⁶ Easterlin R.A. Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence./R.A. Easterlin – 1974.

⁴¹⁷ Diener Ed. Rising income and the subjective well-being of nations / Ed. Diener // Journal of Personality and Social Psychology. 2013. Vol. 104 (2). Pp. 267-276.

достаточно близки и составляют около 0.6. Также близка и форма трендов, которые не имеют ярко выраженных минимумов. Экспоненциальный тренд минимально отличается от линейного в данном диапазоне значений ВВП/Д.

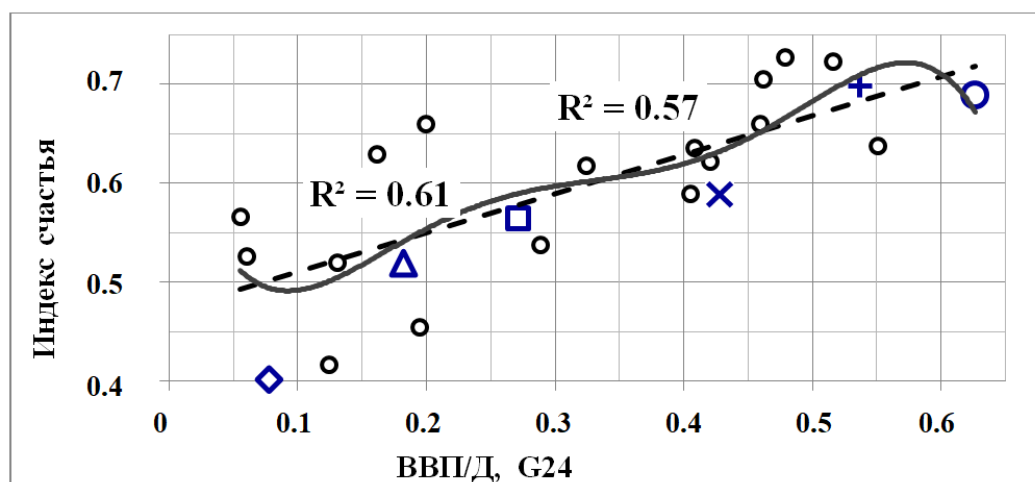


Рис. 4.36. Зависимость Индекса счастья от ВВП/Д

Подводя итоги анализа зависимости Индекса счастья от различных Индексов–Предикторов, отметим, что наибольший коэффициент детерминации для выборки G24 обеспечивают Индексы IEF, WGI и ВВП/Д (GDP/C), а наименьший – EDB, как показано на рис. 4.37. Однако ни один Предиктор не обеспечивает удовлетворительной парной корреляции с Индексом счастья.

Тот факт, что тренды для некоторых Предикторов существенно немонотонны и имеют по два ярко выраженных минимума, возможно, отражает известный парадокс: «огромные исторические подвижки в среднем уровне дохода не вызвали повышения степени удовлетворенности и счастья. Вероятно, данный факт обусловлен ростом притязаний: если раньше люди мечтали о собственном велосипеде, то сейчас им уже нужно два автомобиля»⁴¹⁸. По мнению R. Layard, основные нужды людей удовлетворяются при уровне ВВП/Д около 20 тыс. долл. После этого для состояния счастья становится важным не абсолютный, а относительный уровень доходов⁴¹⁹. Однако данный феномен наблюдается, как показано выше, только в крупнейших по ВВП странах, а при рассмотрении больших выборок он не наблюдается.

⁴¹⁸ Аргайл М. Психология счастья. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003.

⁴¹⁹ Лэйард Р. Счастье. Уроки новой науки. М.: Изд-во Ин-та Гайдара, 2012.

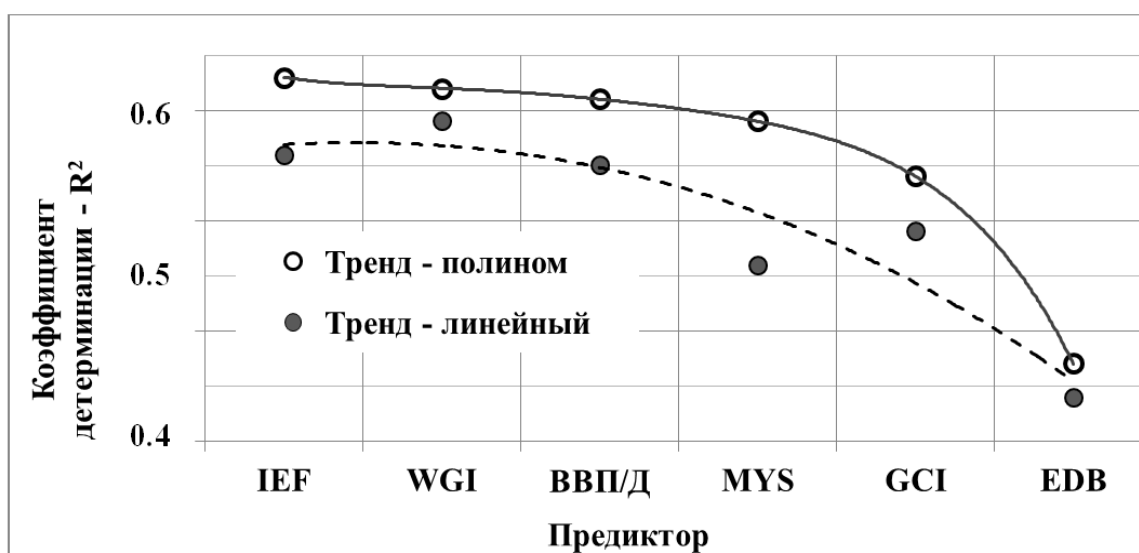


Рис. 4.37. Коэффициенты детерминации для различных Предикторов, G24

4.4.3. Зависимость Индекса счастья от комплексных Предикторов

Поскольку каждый из исследованных Индексов характеризует свою особую зону социально-экономического развития, то логично попытаться сформировать комплексный Предиктор для Индекса счастья (далее будем называть его С–Предиктор), который будет лучше коррелировать с Индексом счастья, чем его компоненты. Это позволит понять, какие Предикторы наиболее сильно влияют на этот Индекс.

Для определения значений С–Предиктора для каждой страны используем линейную композицию изученных выше Предикторов согласно формуле (4.9). Результаты расчетов коэффициентов детерминации для зависимости Индекса счастья от различных комплексных Предикторов – IK_j приведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11. Значения R^2 для зависимости WHI от комплексных Предикторов

R^2 : тренд – полином						IEF	EDB	WGI	GCI	MYS	ВВП/Д
	G6	G12	G24	G48	mid	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
IK_1	0.99	0.55	0.74	0.61	0.72	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
IK_2	0.99	0.74	0.81	0.68	0.81	0.2		0.2	0.2	0.2	0.2
IK_3	0.92	0.80	0.84	0.68	0.81	0.18		0.37	0.08	0.37	
IK_4	0.93	0.84	0.83	0.67	0.82	0.18	0.03	0.40	0.14	0.25	
IK_5	1.00	0.90	0.84	0.68	0.86	0.16		0.4	0.08	0.14	0.22

В Предикторе IK_1 равномерно распределены пять Индексов без ВВП. Видно, что для выборки G24 он обеспечивает более высокий коэффициент детерминации 0.74, чем лучшие варианты отдельных Предикторов ($R^2 = 0.63$). Вариант IK_2 также содержит пять равномерно распределенных Индексов, но включает в себя ВВП/Д, но без EDB. Он обеспечивает еще более высокий коэффициент детерминации 0.811 для G24 и $R_m^2 = 0.805$ для полиномиального тренда пятой

степени. Вариант демонстрирует, что несмотря на наиболее высокий индивидуальный коэффициент детерминации, Предиктор IEF в С-Предикторе менее востребован, чем WGI и MYS, а вклад Предиктора EDB может быть близким к нулю. При выборке G24 у CI_3 величина $R^2 = 0.840$ а $R_m^2 = 0.809$.

Вариант IK_4 является оптимальным без использования ВВП/Д и обеспечивает $R_m^2 = 0.817$. Коэффициент детерминации $R^2 = 0.83$ для выборки G24 и $R^2 = 0.84$ для G12 (при полиномиальном тренде 5-й степени). Регрессия Индекса счастья от С-Предиктора – IK_4 представлена на рис. 4.38. Видно, что тренд существенно немонотонный и имеет два минимума, как и некоторые исходные предикторы. Положение точек, соответствующих Индии – $\diamond$ и Японии – $\times$, играет в этой многомодальности существенную роль, поскольку они в наибольшей мере отклоняются от линейного тренда и влияют на его форму.

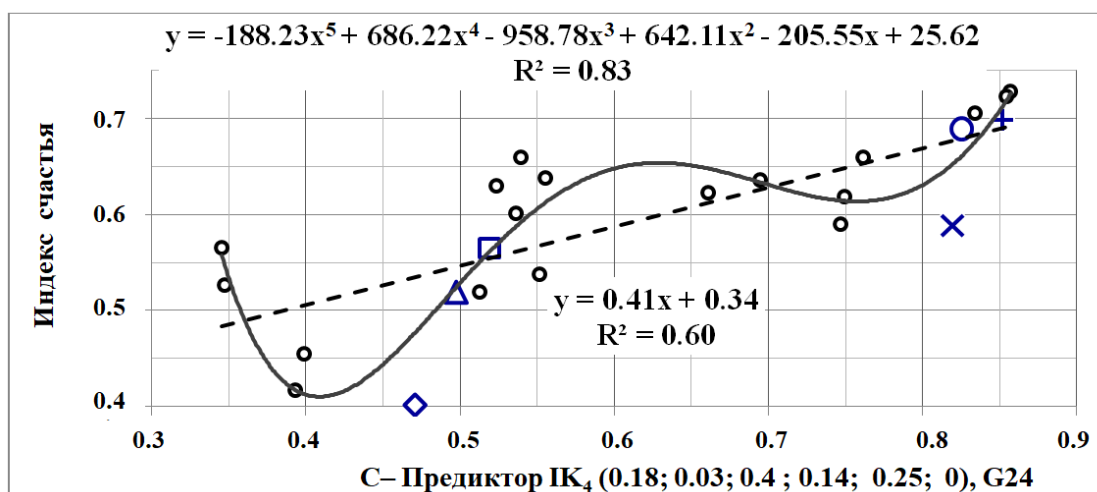


Рис. 4.38. Зависимость WHI от С-Предиктора IK_4 , G24

Вариант IK_5 является оптимальным с использованием GDP/C и обеспечивает высокий коэффициент детерминации 0.84 для выборки G24 и 0.90 для G12 (тренд – полином 5-й степени). Регрессия Индекса счастья от С-Предиктора – IK_5 представлена на рис. 4.39. Аппроксимационная функция имеет многомодальный вид, аналогичный рис. 4.38, но при несколько меньших значениях С-Предиктора.

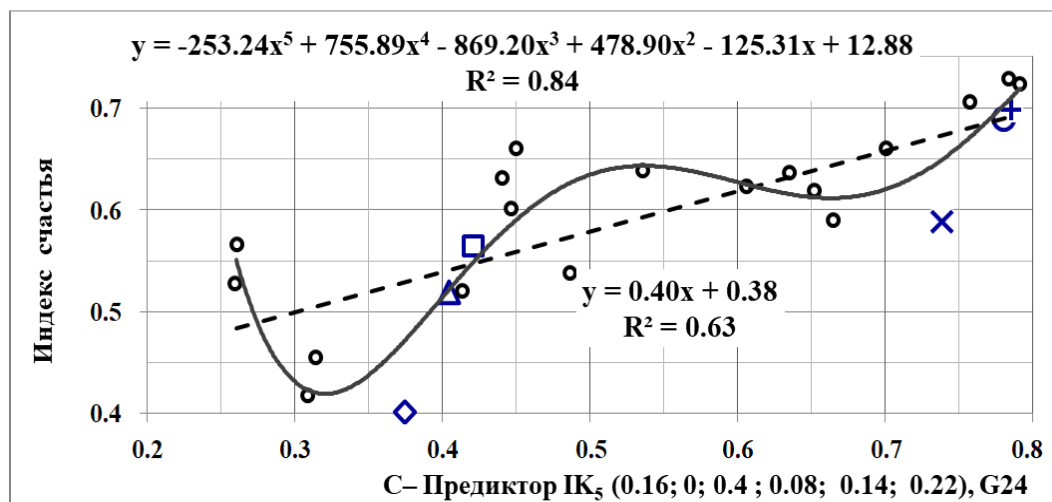


Рис. 4.39. Зависимость Индекса счастья от С-Предиктора IK_5 , G24

Таким образом, С–Предиктор IK_5 обеспечивает значительно лучшую корреляцию с Индексом счастья (на уровне $R^2 = 0.86$), чем другие Предикторы. Однако на выборках большего размера (G48, рис. 4.40) коэффициент детерминации существенно меньше ($R^2 = 0.68$), хотя немонотонность частично сохраняется. Из табл. 4.11 видно, что для вариантов $IK_2 - IK_5$ выборки G48 они практически не отличаются и незначительно больше, чем для исходных Предикторов (рис. 4.37).

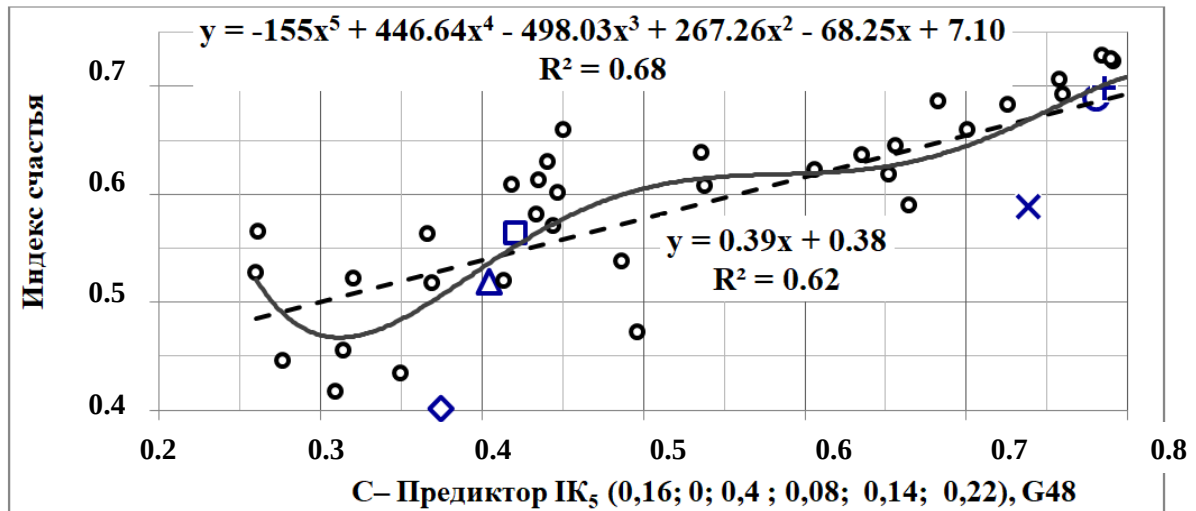


Рис. 4.40. Зависимость Индекса счастья от С–Предиктора IK_5 , G48

Регрессионная модель Индекса счастья на основе комплексного Предиктора IK_5 имеет вид

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5, \quad (4.10)$$

где $y = WHI$, $x = IK_5$, а значения постоянных коэффициентов даны в табл. 4. 12.

Таблица 4.12. Коэффициенты аппроксимационной зависимости
С–Предиктора IK_5

Коэффициенты	a	b	c	d	e	f
Их значения	12.88	–125.31	478.9	–869.2	755.89	–253.24

Регрессионная модель (4.10) может быть использована для прогнозирования уровня счастья для 24 крупных экономик и анализа причин отклонения уровня счастья в конкретных странах от тренда. В частности, интересно понять причины отклонения в меньшую сторону для Японии и Индии (10 и 16% соответственно). Также важно, что для крупнейших по ВВП стран (Россия, Китай, США и Германия) регрессионная модель дает значения, близкие к Индексу счастья (отклонение не более 4%) для стран G24, и позволяет понять перспективы повышения уровня счастья за счет улучшения положения по различным Предикторам. Для стран, не входящих в выборку G24, данная модель тоже может использоваться как ориентир, поскольку низкий уровень коэффициента детерминации, скорее всего, является следствием подверженности малых экономик раз-

личным случайным воздействиям, хотя предсказательная способность модели (4.10) для этих стран низкая.

Важно, что в формулу для оптимального С–Предиктора (4.9) наибольший вклад (40%) вносит Worldwide Governance Indicator. Нужно отметить, что содержание компонент WGI свидетельствует о том, что он ориентирован, прежде всего, на интересы инвесторов, а не населения, как было показано в разделе 4.1. Однако, в составе исследованного комплекса глобальных Индексов он наиболее тесно коррелирует с World Happiness Index. Второй по весу вклад (22%) вносит ВВП/Д. Уровень образования работников (MYS) дает достаточно небольшой вклад (14%).

Предиктор Doing Business входит в оптимальный Предиктор с весом, близким к нулю. Это означает, что он практически не оказывает влияния на Индекса счастья, что диссонирует с постановкой в России в качестве важной цели вхождения в первую двадцатку Doing Business (как показано в разделе 4.3, его корреляция с ВВП/Д также низкая).

4.4.4. Обсуждение

Проведенные исследования позволили понять, существует ли возможность управлять величиной World Happiness Index и, если да, то с помощью каких факторов. Далее можно оценивать, на какие параметры оказывает влияние Happiness Index, в частности, как он связан с человеческим капиталом, который может быть оценен с помощью известных Индексов ЧК. Однако сложность заключается в том, что большинство факторов являются взаимозависимыми. В частности, ВВП на душу населения является компонентой Индекса счастья и входит в оптимальный С–Предиктор. Уровень образования работников MYS, который входит в С–Предиктор, также является важной частью ЧК. Поэтому важно корректно отстроить такие взаимосвязи, хотя это может быть сложно сделать.

Еще один тип сложностей заключается в том, что использованные глобальные Индексы сами по себе несут в себе погрешности. Поэтому важно понять, каков уровень этих погрешностей и возможно ли их скорректировать.

В данном разделе при анализе зависимости Индекса счастья от ВВП/Д были проанализированы различные тренды (линейный, логарифмический, экспоненциальный) и не было обнаружено увеличения коэффициента детерминации по сравнению с полиномиальным трендом, что не согласуется с работами предыдущих авторов, которые отмечали предпочтительность представления ВВП/Д в логарифмическом виде. Данное отличие требует более детального изучения.

В работе выборки формировались на основе ранжирования стран по ВВП, что не в полной мере соответствует уходу от ВВП как основного показателя благосостояния населения. В дальнейшем следует рассмотреть возможность формирования выборок на основе ранжирования по численности населения стран.

Выводы

На основе проведенных исследований можно сделать три основных взаимообусловленных вывода.

1. Выявлены эндогенные факторы, влияющие на индекс экономики счастья, и любой анализ индекса экономики счастья должен это учитывать. Показано, что для Индекса счастья основными Предикторами являются: Индекс качества управления, ВВП на душу населения и Индекс экономической свободы. Тем самым заложена база для дальнейших исследований влияния Индекса счастья на Индексы ЧК различных стран.
2. Полученная регрессионная модель зависимости Индекса счастья от оптимального комплексного Предиктора позволяет вычислить отклонение значений Индекса счастья от тренда и выявить страны с наибольшим отклонением.
3. Показано, что зависимость Индекса счастья от ряда Предикторов имеет не-монотонный характер с двумя минимумами, что делает наглядными некоторые особенности роста уровня счастья по мере улучшения благосостояния.
4. Изучена зависимость Индекса счастья от комплексных Предикторов, представляющих собой линейную комбинацию исследованных индексов. Наилучшую корреляцию с Индексом счастья обеспечивает С-Предиктор, включающий 40% WGI, 22% ВВП/Д, 16% IEF, 14% MYS и 8% GCI. Он обеспечивает высокий коэффициент детерминации 0.84 для выборки из 24 крупнейших по GDP стран, а для 12 стран – 0.90. Отклонение рассчитанной по регрессионной модели величины уровня счастья от данных Индекса счастья для России, Китая, США и Германии не превышает 4%.

Однако авторы понимают, что большая часть параметров в исследовании являются эндогенными, поэтому к результатам анализа относятся очень осторожно. В дальнейшем, чтобы установить существует ли выявленная связь Предикторов и Индекса в экономической реальности, и наполнить практическим содержанием выкладки научного анализа Индекса счастья авторам необходимо исследовать системные тенденции в тренде Индекса счастья с учетом как эндогенных, так и экзогенных факторов причинно-следственной временной связи.

Основные выводы по содержанию монографии

1. Дифференциальное уравнение роста численности населения N в зависимости от времени T имеет вид:

$$dN/dT = (1/C) \cdot N^2 \cdot (1 - N/N_{\max}),$$

а его аналитическое решение, хорошо согласующееся со статистическими данными:

$$T = T_1 - C/N - (C/N_{\max}) \cdot \ln(N/(N_{\max} - N)).$$

2. Объем знаний человечества Z в период гиперболического роста численности (до 1960 года) в условных книгах дается формулой:

$$Z \approx 2.25 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{1.25}.$$

В период демографического перехода объем знаний может быть определен по формуле типа:

$$Z \approx 20 \cdot (N/N_0)^{1.25}.$$

3. Мировой ВВП в современную эпоху по порядку величины прямо пропорционален суммарному объему явных знаний человечества:

$$G = k \cdot N \cdot Z.$$

4. В ближайшем столетии величина мирового ВВП может быть оценена с помощью формулы:

$$G = k \cdot N(T-25)^{2.25}.$$

5. Демографический переход, который реализуется в виде стабилизации максимальной численности человечества $N_{\max}$ и соответственно замедления темпов роста явного знания, будет сопровождаться снижением темпов роста мирового ВВП. Эта системная причина к концу века может привести к стагнации познавательной деятельности человечества и снижению роста ВВП, что может повлечь за собой глубокие экономические кризисы и вооруженные конфликты.

6. Общеизвестная экспоненциальная модель роста числа ученых в мире, которая приближенно дается формулой:

$$N_s = 10^{(T-1650)/50},$$

принципиально неверна до 1650 года, поскольку число ученых становится менее одного. Более корректной в прошлом является модель гиперболического роста числа специалистов в области НИОКР, базирующаяся на модели роста объема знания;

$$N_s = 16 \cdot 10^9 / (2050 - T)^2.$$

7. Установлено, что по порядку величины количество ученых пропорционально ВВП стран, однако важную роль играет национальная научная стратегия и ВВП на душу населения.
8. Технологические революции следуют парами, тесно связанными содержательно, например Первая и Вторая промышленные революции. Продолжительность эпох между основными технологическими революциями соответствует геометрической прогрессии со знаменателем, равным 0.5 для основных революций, а даты этих революций определяются формулой

$$T_n = 630 + 1392 \cdot (1 - 2^{-n}).$$

9. Перед основными революциями происходят революции-предвестники, причем суммарная последовательность революций описывается геометрической прогрессией, согласно которой даты революций выражаются формулой

$$T_n = 52 + 1970 \cdot (1 - 2^{-n/2}).$$

10. Между технологическими революциями происходит рост объема знания примерно в 1.5 раза и рост численности населения Земли на 40%, что и служит причиной кризисных явлений и обновления всей мировой экономики.
11. Кризис, начавшийся в 2008 году, соответствует предвестнику очередной технологической революции. Определены даты следующих технологических революций: 2026 и 2059 годы.
12. Анализ направлений научно-технического развития на основе базы научных журналов SCImago JR показывает, что ключевыми направлениями развития являются дисциплины, нацеленные на рост человеческого капитала: медицина (25%), генетика и биохимия (7.3%), психология (4%); нейронауки (2.7%); продукты питания (4.8%), образование (2.7%), социология (5%) и другие. Именно в этом направлении наиболее вероятны революционные технологические прорывы.
13. Среди технических наук первое место по значимости – 8.3% занимают компьютерные, включая искусственный интеллект. Однако максимум компьютерных наук приходится на номера в области 5–20-тысячных номеров (из 37 тыс.), что не свидетельствует о лидирующем положении данного направления. В целом, доля технических наук составляет 34,5% и уменьшается со временем.
14. Сравнительное исследование влияния ряда глобальных Индексов на результаты социально-экономического развития стран показало, что на величину ВВП на душу населения (ВВП/Д) наибольшее влияние оказывает число лет обучения работников (MYS) и Глобальный рейтинг конкурентоспособности (GCI). Оптимальный комплексный Предиктор, включающий 50% MYS, 40% GCI и 10% Индекса качества управления – WGI обеспечивает высокий коэффициент детерминации 0.91 для выборки из 25 крупнейших экономик и 0.96 для 10 экономик.
15. Для повышения Индекса счастья требуется управлять существенно другими Предикторами. Наилучшую корреляцию с Индексом счастья обеспечивает оптимальный Предиктор, включающий в себя 40% WGI, 22% ВВП/Д, 16% IEF, 14% MYS и 8% GCI. Коэффициент детерминации в этом случае 0.84 для выборки из 24 крупнейших экономик и 0.90 для 12 стран.
16. Зависимость Индекса счастья от ряда Предикторов имеет немонотонный вид с двумя минимумами, что ведет в некоторых ситуациях к снижению уровня счастья по мере улучшения благосостояния. Россия в настоящее время находится в восходящей зоне.

Заключение

Цель написания данной монографии заключалась в том, чтобы сформировать прогнозную концептуальную модель развития мировой социально-экономической системы, охватывающей вопросы человеческого капитала, экономики знания и экономической динамики с углубленным вниманием к развитию России.

Постановка такой цели связана с тем, что работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-07328 «Когнитивное прогнозирование социально-экономической динамики и конкурентоспособности России на основе развития человеческого капитала».

При выполнении работы авторы опирались на логику системного подхода, а также ряда проблем, которые стоят перед человечеством в сфере ЧК и экономической динамики. Среди них одной из наиболее острых является проблема демографического перехода, которая приводит к изменению трудовой базы ЧК как в целом мире, так и в России. Именно поэтому в самом начале было уделено внимание закономерностям демографического перехода и его причинам.

Другая важная проблема заключается в исчерпании ряда ресурсов роста ЧК, в частности за счет увеличения доли специалистов, получивших высшее образование. Детальное изучение данного вопроса было бы невозможно, если не учитывать ключевую роль явного и скрытого знания в формировании ЧК. Поэтому было обращено внимание на вопросы измерения явных и скрытых знаний и их динамики по времени, а также в процессе демографического перехода. Важным результатом этих исследований является то, что мировой ВВП на душу населения прямо пропорционален объему явных знаний.

Для прояснения вопросов экономической динамики и их взаимосвязи с ЧК были проведены сравнительные исследования в международном масштабе с использованием широкого круга глобальных индексов. Полученные результаты позволили выявить совокупность Предикторов, влияющих на величину ВВП и место среди них человеческого капитала. Разработанная прогностическая модель показывает, что уровень ВВП на душу населения России соответствует общим закономерностям.

В связи с тем, что ВВП на душу населения не в полной мере соответствует требованиям к показателям качества жизни людей, были проведены исследования по определению возможностей влияния на Индекс счастья. Как оказалось, он зависит от Предикторов, существенно отличающихся от тех, которые влияют на ВВП на душу населения. В частности, на Индекс счастья наибольшее влияние оказывает Индекс качества государственного управления, и в меньшей мере – ВВП на душу населения и показатели человеческого капитала.

Еще одна проблема, связанная с ЧК и экономической динамикой, заключается в феномене технологических революций. Поэтому были изучены закономерности их динамики, связь с ростом знания и потенциальные направления очередной технологической революции. Важнейшим обнаруженным результа-

том является тесная связь дат технологических революций с ростом объема явных знаний человечества.

Анализ тематики научно-технических исследований на основе базы научных журналов SCImago JR показал, что многие предсказания о перспективных направлениях технологической революции не соответствуют научной активности по данной тематике. Ключевыми направлениями развития являются дисциплины, нацеленные на рост ЧК: медицина (25%), генетика и биохимия (7.3%), психология (4%); нейронауки (2.7%); продукты питания (4.8%), образование (2.7%), социология (5%) и другие. Это свидетельствует о необходимости подготовки ЧК в соответствии с потенциальными направлениями технологической революции.

Терминологический словарь

EDB – Ease of Doing Business Ranking или Doing Business (рейтинг легкости ведения бизнеса).

E7 – Семерка развивающихся стран: Китай, Индия, Россия, Бразилия, Индонезия, Мексика, Турция (возможна замена Турции на Нигерию).

G7 – Большая семерка – группа стран: США, Япония, Германия, Великобритания, Франция, Италия, Канада.

G6, G12, G24, G48... – выборки крупнейших по ВВП стран (кроме G7)

GCI – Global Competitiveness Index (индекс глобальной конкурентоспособности).

HDI – Human Development Index (ИЧР – индекс человеческого развития).

IEF – Index of Economic Freedom (индекс экономической свободы).

ИК – комплексный индекс, сформированный из нескольких глобальных индексов.

IQ – коэффициент интеллекта (индикатор уровня индивидуального интеллекта).

ISCED – международная классификация образовательных уровней (International Standard Classification of Education. 2013), введенная в действие после МСКО.

MYS – Mean years of schooling (число лет обучения работников).

МСКО – международная стандартная классификация образования.

PIAAC – Международное исследование профессиональных навыков и компетенций взрослого трудоспособного населения (The Programme for the International Assessment of Adult Competencies).

PISA – программа международного мониторинга качества обучения 15-летних учащихся (Programme for International Student Assessment).

PwC – компания PricewaterhouseCoopers.

QPA – Quality of public administration – индекс: «Качество государственного управления». Известен также под названием Worldwide Governance Indicators – WGI.

R²_m – среднее арифметическое коэффициентов детерминации по нескольким выборкам.

WB – World Bank (Всемирный банк – ВБ).

WHI – World Happiness Index (Индекс счастья).

ВВП – валовый внутренний продукт (GDP); также обозначается буквой G.

ВВП/Д – ВВП на душу населения (GDP per capita – GDP/C); также обозначается буквой – g = G/N.

Демографический переход – быстрое снижение показателей рождаемости.

ИИ – искусственный интеллект.

ИК – интеллектуальный (образовательный) капитал.

ИРЧП – индекс развития человеческого потенциала.

ИЧР – индекс человеческого развития (Human Development Index – HDI).

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или **R&D** – исследования и разработки; в качестве синонима используется также термин «наука».

ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития или OECD.

ППС – паритет покупательной способности (PPP).

СКР – суммарный коэффициент рождаемости.

ЧК – человеческий капитал.

Приложение 2

Условные обозначения

E – число лет обучения специалиста.

T – время, измеряемое в годах.

T₀ – условная дата начала развития человечества ($T_0 \approx 1,6$ млн лет до н.э.).

T₁ – дата гиперболической сингулярности ($T_1 \approx 2025$ год).

T₂ – дата, отстоящая от времени гиперболической сингулярности на условное время взросления специалиста ($T_1 \approx 2050$ год).

ΔT_n – промежуток времени между технологическими революциями.

n – номер технологической революции; в других случаях – показатель степени при уравнении скорости роста объема знаний человечества.

N – численность населения Земли.

dN/dT – производная от численности населения Земли по времени.

C – константа гиперболического роста ($C = N/(T_1 - T) \approx 180$ млрд чел.·лет).

N₀ – численность начальной популяции людей во время **T₀** ($N_0 \approx 100\,000$ чел.).

N_{max} – максимальная численность человечества, ориентировочно 10,5 млрд чел.

I_{ик} – индикатор интеллектуального человеческого капитала, равный $\sum K_i \cdot N_i$, где **K_i** – весовые коэффициенты данного уровня образования.

CB – «conditional book» или у.к. – условная книга – единица измерения знания, при оцифровании имеет объем около 1 Мбайта или порядка 100 страниц текста.

G – валовой внутренний продукт (ВВП или GDP).

g = G/N – ВВП на душу населения.

G_S – годовой объем инвестиций в научную деятельность или ВВП на науку; принято также обозначение – GERD – gross domestic expenditure on R&D.

J_E – годовой вклад специалиста в ВВП страны в зависимости от его уровня образования (**E**).

Ln – натуральный логарифм (Log – десятичный логарифм).

Q_i – квартиль (четверть единицы; Q1 – первый квартиль и т.д.)

m – производительность труда человека с минимальным использованием орудий труда и знаний ($m \approx 221$ долл./чел.·год в междунар. долл. 1995 года).

γ – константа, определяющая скорость роста мирового ВВП по мере роста населения Земли и знания человечества ($\gamma \approx 1,04 \cdot 10^{-6}$, долл./чел.²·год в междунар. долл. 1995 г.).

R^2 – (R-квадрат) – коэффициент детерминации (мера связи одной случайной величины с множеством других; чем ближе R^2 к единице, тем выше качество модели).

$\Delta R^2 = 1 - R^2$ – погрешность регрессионной модели.

Z – суммарный объем кодифицированных знаний человечества.

Z_0 – начальный объем знаний человечества в момент начала его развития – T_0 .

Z_H – объем неявных знаний, которыми может оперировать мышление одного человека.

ΔZ – годовой прирост объема знаний в мире.

ΔZ_{s1} – объем знаний, который производит за год один ученый.

Y – годовой заработок работника в формуле J. Mincer.

ΔP – годовой прирост объема публикации и патентов в мире.

$\wedge$ – знак степени числа ($X^N = X^N$).

флопс – единица измерения количества компьютерных операций с 64-разрядными числами с плавающей запятой в сек.

Литература

1. Авдокушин Е.Ф., Иванова В.Н. Инклюзивное развитие: основные направления, базовые предпосылки и возможные ограничения. Вопросы новой экономики. №3, 2014. С. 4–13.
2. Агеев А.И., Бестужев-Лада И.В., Менш Г., Мэтьюз Р. и др. Глобальный рейтинг интегральной мощи 50 ведущих стран мира. М.: МЛСУ, МАИБ, ИНЭС, 2007.
URL: http://www.maib.ru/netcat_files/Image/50_contries_global_rating.pdf
3. Альтбах Ф., Андрущак Г., Кузьминов Я., Юдкевич М., Райсберг Л. (2013) Будущее высшего образования и академической профессии: страны БРИК и США. Высшая школа экономики; Москва.
4. Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. О психологии изобретательского творчества//Вопросы психологии. – 1956. – №6. – С. 37–49.
5. Аргайл М. Психология счастья. – 2-е изд. — СПб.: Питер, 2003.
6. Аттали Ж. Краткая история будущего. СПб.: Питер, 2014. 288 с.
7. Барабанов Д.Д. Развитие волевой регуляции студентов. М., МГУ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата психологических наук. 2015.
8. Барро Р.Дж, Сала-и-Мартин Х. Экономический рост. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. 824 с.
9. Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу [пер. с англ.], 2-е изд. – Лондон и др.: Квитс, 2007. – 238 с.
10. Берндт Э.Р. (2005). Практика эконометрики: классика и современность. М. ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 863 с.
11. Бестужев-Лада И. В., Наместников Г.А. Социальное прогнозирование. Курс лекций. М.: Педагогическое общество России, 2002.
12. Библиотека конгресса. – Википедия, 2012. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
13. Богданов А.А. Тектология: всеобщая организационная наука. Изд. 3. М., 1989.
14. Бодрова Е.В., Никитина С.Б. Кризис системы образования. Поиск новой парадигмы образования на рубеже XX-XXI веков // Официальный сайт Московского гуманитарного университета.
15. Большая энциклопедия психологических тестов, М. Изд-во «Эксмо». 2006. 416 с.
16. Борисов И.И., Запрягаев С.А. Тенденции развития высшего образования в XXI веке. – 2000. <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/educ/2000/01/p13-29.pdf>
17. Бубис И.В., Гилязетдинова К.Р., Дюкина Т.О. О взаимосвязи между ВВП на душу населения, Индексом счастья, Индексом развития человеческого потенциала и Индексом экологической эффективности // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. Издательство:

- Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (Магнитогорск), № 4, 2014 (4). С. 57-61.
18. БЭС. Большой энциклопедический словарь. М., «Большая Российская энциклопедия», изд. 2, Санкт-Петербург, «Норинт», 1998. – 1456 с.
 19. Вернадский В. «Научная мысль как планетное явление». Наука, 1991.
 20. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М.: Радио и связь, 1992.
 21. Гальчева А. Россия обошла Руанду и Испанию в деловом рейтинге Всемирного банка. РБК, Экономика, 24.11.2019.
URL: <https://www.rbc.ru/economics/24/10/2019/5db03a099a79473f0680ade3>
 22. Гейзенберг В. Критерии правильности замкнутой теории в физике / Шаги за горизонт, М., «Прогресс», 1987 г., с. 184-187. <http://vikent.ru/enc/1747>
 23. Герасимов Б.Н. Интенсивные образовательные технологии. Монография. – Самара. – Академия социальных технологий и местного самоуправления. – 2009, С. 29.
 24. Государственная программа РФ «Развитие образования». Постановление Правительства РФ № 1642 от 26 декабря 2017 г.
 25. Гуд И. «Размышления о первой ультраразумной машине». 1965 г.
 26. Гурвич Е.Т. Экономическая политика и измерения экономической свободы. МЦСЭИ «Леонтьевский центр», 2012. С. 39–50.
 27. Дагаев А.А. Эволюция и перспективы совершенствования методологии долгосрочного экономического прогнозирования // Российское предпринимательство. – 2006. – Том 7. – № 4. – С. 81-85.
https://creativeconomy.ru/lib/1633#_ftnref7
 28. Данилин И.В., Мамедьяров З.А., Кобринская И.Я. Прогнозирование технологических тенденций на основе социально-экономических факторов. Научно-аналитический доклад. М. НИИ ИМЭМО, РАН, 2016, 2016-Dynkin-Rep-RFFI-001.pdf
 29. Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018.
 30. Де Боно Э. Шесть шляп мышления. – СПб., 1997.
 31. Джаксон М. Теория сложности (complexity) и системный подход.// Альманах «Восток». – 2005.– Вып. №100 (раздел «Системная динамика»). http://www.situation.ru/app/j_art_1052.htm
 32. Доклад о мировом развитии 2019 «Изменение характера труда». Вашингтон, округ Колумбия: Всемирный банк. doi:10.1596/978-1-4648-1328-3.
 33. Донецкая С.С., Цзи Цяньнань. Реформирование системы высшего образования в Китае: современные итоги // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 12. С. 79-92.
 34. Дудников К. Знания по бартеру: какие проблемы рынка решит пиринговое обучение [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://pro.rbc.ru/news/5ce7d0b59a7947867f20c457> (дата обращения: 10.04.2020).

35. Есипова Э.Ю. Роль мотивации в инновационном развитии конструкторских бюро. М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015.
36. Жебровская О.О. Международные сравнительные исследования PISA. 2013. <http://inga-dymova.ru/data/documents/PISA.pdf>
37. За последние 14 лет количество студентов в мире удвоилось – ЮНЕСКО. 2017. URL: <http://www.for.kg/news-421990-ru.html>
38. Закон Мура. – Википедия, 2014. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
39. Знание. Советский энциклопедический словарь. М. «Советская энциклопедия», 1987.
40. Индекс развития человеческого потенциала. Гуманитарная энциклопедия: Исследования [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2006–2019 (последняя редакция: 23.04.2019). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/human-development-index/human-development-index-info>
41. Интеллектуальный капитал: Учеб.-метод. пособие, кн. 2/Подгот. Н.М. Жаворонковой, В.Н. Голубкиным. – Жуковский, 2005 (По мат. курса The Open University “Managing Knowledge”, Albert, S., Bradley, K., Little, S.)
42. Капелюшников Р.И. Сколько стоит человеческий капитал в России? – М., препр. WP3/2012/06, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», М., 2012.
43. Капелюшников Р.И. Спрос и предложение высококвалифицированной рабочей силы в России: кто бежал быстрее? препринт WP3/2011/09 [Текст]/ Р. И. Капелюшников; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 68 с. <https://www.hse.ru/pubs/share/direct/document/69565182>
44. Капелюшников Р.И. Человеческий капитал России: эволюция и структурные особенности // Вестник общественного мнения. Данные. Анализ. Дискуссии. – 2005. - №4. С. 46. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chelovecheskiy-kapital-rossii-evolyutsiya-i-strukturnye-osobennosti>
45. Капелюшников Р.И. Эволюция человеческого капитала в России. «Отечественные записки» — # 3, 2007 год. // Электронная публикация: Центр гуманитарных технологий. – 10.04.2007. URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/2007/807> Дата обращения: 01.12.2018.
46. Капица С. П. Математическая модель роста населения мира// Мат. модел. – 1992. – Т. 4. – №6.
47. Капица С.П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества. – М.: Альпина нон-фикшин, 2012.
48. Карпенко О.М., Бершадская М.Д., Вознесенская Ю.А. Показатели уровня образования населения в странах мира: анализ данных международной

- статистики. // Социология образования, 2008, №6. – С. 4-20
<http://www.demoscope.ru/weekly>
49. Карый А.В., Афиногенова И.Н. Индекс человеческого развития в системе показателей развития страны//Территория науки. 2015. № 4. С. 75-78.
 50. Кендрик Дж.Совокупный капитал США и его формирование. М., Прогресс, 1980.
 51. Кирьянов Д.А., Сухарева Т.Н. Методы оценки человеческого капитала: анализ объективности и достаточности исходных данных//Теория и практика общественного развития – 2011 – № 3. – С. 337-340.
 52. Клейнер Г. Микроэкономика знаний и мифы современной теории // Высшее образование в России. 2006. №9.
 53. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2006). Труды 6-й Международной конференции под ред. З.К. Авдеевой, С.В. Ковриги. М.: Институт проблем управления РАН. – 2006.
 54. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры//Вопросы конъюнктуры. – 1925. – Т. I. – Вып. 1.
 55. Корицкий А. В. Влияние человеческого капитала на экономический рост: учеб. пособие. Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск: НГАСУ, 2013.
 56. Коростелев Д.А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагерева, А.Г. Подвесовский // Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября – 3 октября 2008 г., г. Дубна, Россия): Труды конференции. В 3-х т. Т. 3. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – С. 329–336.
 57. Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005. – М. Препр. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2005. 005.
http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep13/prep2005_13.html
 58. Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. – Воронеж: ЦИРЭ, 2005.
 59. Кравцов С.С. Итоги участия в международном исследовании PISA-2015.
http://obrnadzor.gov.ru/common/upload/RON_PISA_Kravtsov.pdf
 60. Красикова Е. Н. Кейс-метод как дидактическое средство в условиях профессиональной подготовки в вузе // – Вестник Ставропольского государственного университета. Серия: Педагогические науки. – 2007. – № 53. – С. 57.
 61. Красильникова М. Д., Бондаренко Н. В. Подходы к измерению динамики и структуры человеческого капитала и оценке воздействия его накопления на экономический рост// Проблемы прогнозирования, 2014.
 62. Кувшинова О., Базанова Е. Россия на13-м месте среди 78 развивающихся стран по инклюзивности экономики. Ведомости. 16.01.2017.
<https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2017/01/16/673218-rossiya>

63. Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы/А.А. Кулинич//Проблемы управления – 2010. – №3.
64. Ладыкова Т.И., Васильева И.А., Завиша Е.Н. Форсайт-технологии в прогнозировании инновационного развития региона. Управление экономическими системами. № 4, 2015.
65. Лапыгин Ю.Н. Управленческая команда. М.: Эксмо, 2007. 270 с.
66. Логистическое уравнение. Википедия. 2016. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
67. Лукша П., Лукша Е., Песков Д., Коричин Д. Атлас новых профессий. М., Агентство стратегических инициатив, 2014. Skolkovo_SEDeC_Atlas.pdf
68. Лэйард Р. Счастье. Уроки новой науки. М.: Издательство Института Гайдара, 2012.
69. Любимов И. Двигатель прогресса. Как высшее образование сдерживает рост экономики России. Forbes. 2017.
URL: <https://news.mail.ru/society/32086064/?frommail=10>
70. Макаров В.Л., Клейнер Г.Б. Микроэкономика знания. Издательство «Экономика», 2007.
71. Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. М., Инфра–М, изд. 16, 2006 г.
72. Малинецкий Г.Г. Теория информационного взаимодействия С.П. Капицы и программа цифровой экономики России. Сб. докладов междунар. науч. конф. «Человеческий капитал в формате цифровой экономики». М.: РосНОУ, 2018. С. 18.
<http://www.rosnou.ru/pub/diec/assets/files/SbornikMaterialov.pdf>
73. Мальтус Т.Р. Опыт закона о народонаселении / Пер. с англ. – М., 1895. – С. 14, 18, 33.
74. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. Пределы роста. 30 лет спустя/Пер. с англ. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.
75. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Бернс В. Пределы роста, – М.: МГУ, 1991.
76. Мельник М.С., Орехов В.Д., Причина О.С. Моделирование тенденций и закономерностей трудовой деятельности в России: когнитивный подход. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 3. С. 94-101.
77. Мир 2035. Глобальный прогноз / Под ред. А.А. Дынкина; ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН. М.: Магистр, 2017, 352 с.
78. Мир в 2050 году / Под ред. Д. Франклина, Дж. Эндрюс. – М., 2013. – С. 208.
79. Мировая глобализация. ICC Russia. 2018. URL: <http://www.iccwbo.ru/ob-icc/icc-russia/missiya/>
80. Мировая энергетическая статистика. Ежегодник 2016,
<https://yearbook.enerdata.ru>
81. Мониторинг и оценка качества процесса обучения PISA. MEDELLE. – 2017. <http://www.education-medelle.com/>
82. Мухаметзянова Г.В., Читалин Н.А. Научное обеспечение модернизации профессионального образования: Отчет о научно-исследовательской рабо-

те учреждения РАО «Институт педагогики и психологии профессионального образования» за 2010 год // – Казанский педагогический журнал. – 2011, – № 2, – С. 9.

83. Национальный доклад. Управление исследованиями и разработками в российских компаниях. М.: Ассоциация менеджеров. С. 69. 2011.
84. Немцов Э. Ф. Человечество становится всё изобретательнее. 2011.
85. Нестеров Л.И. Национальное богатство и человеческий капитал. // ВЭ, 2003, № 2. – С. 13–110.
86. Новиков А.М. Что знает Иван, чего не знает Джон? Что умеет Джон, чего не умеет Иван? // Народное образование, № 1. – 2001. – С. 8-9. <http://www.anovikov.ru/artikle/ivan.htm>
87. Нонака И. и Такеучи Х. Компания–создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах / [Пер. с англ.]. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2011. 384 с.
88. Нуреев Р. Теории развития: новые модели экономического роста (вклад человеческого капитала) // Вопр. экономики. – М., 2000. – №9. – С. 136-157.
89. Ожегов С.И. Словарь Русского языка. М., «Русский язык», изд. 16-е, 1984. – С. 681.
90. О'Коннор Дж., Мак-Дермот И. Искусство системного мышления. М., 2006.
91. Орехов В.Д. Измерение количества явных и неявных знаний. Вестник МИМ ЛИНК, № 3, 2016.
92. Орехов В.Д. Инновационное развитие в условиях глобализации: Матер. XXI междунар. научн.-практ. конфер. «Инновации в науке». – Новосибирск: СибАК, 2013. – С. 81. <http://sibac.info/2009-07-01-10-21-16/8286-2013-06-26-23-19-36>
93. Орехов В.Д. Маркетинг. Курс «Предприимчивый менеджер». R788. – Кн. 3. –М.: МИМ ЛИНК, 2005.
94. Орехов В.Д. Особенности корпоративного обучения менеджеров. Журнал «Управление персоналом», №5-70, май 2002 г.
95. Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с.
96. Основные результаты международного исследования PISA-2015. Центр оценки качества образования ИСПО РАО.
97. Особенности современной науки// Науч.-информ. журн. «Биофайл». <http://biofile.ru/his/2038.html>
98. Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. – М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2009. – 702 с. <https://windjview.sourceforge.io/ru>
99. Подвесовский А.Г., Лагерева Д.Г., Коростелев Д.А. СППР «ИГЛА». (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2018. URL: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html>

100. Подвесовский А.Г., Лагереv Д.Г., Коростелев Д.А. Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений // Вестник Брянского государственного технического университета, 2009, № 4 (24). – С. 77-84.
101. Подлазов А.В. Основное уравнение теоретической демографии. – М., 2001. (Раздел 1.1)
http://www.keldysh.ru/papers/2001/prep88/prep2001_88.html
102. Поздняков А.С. Общие основы педагогики: тезисы лекций. Учебное пособие. – Саратов: Издательский центр «Наука», 2009. – 68 с.
103. Поппер К. Р. Логика и рост научного знания. М., Прогресс. 1983.
<http://skepdic.ru/wp-content/uploads/2013/05/popper.pdf>
104. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 01.03.2018. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_291976/ (Дата обращения 09.03.2020).
105. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. №23 «О правилах разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов».
106. Приказ Минтруда России от 12 апреля 2013 г. № 148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов».
107. Приказ Минтруда России от 19 декабря 2016 г. № 758н «Об утверждении примерного положения о Совете по профессиональным квалификациям и порядка наделения Совета по профессиональным квалификациям».
108. Причина О.С., Орехов В.Д. Тенденции и закономерности эволюции трудовой деятельности людей. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 1. С. 47-50.
109. Причина О.С., Орехов В.Д., Каранашев А.Х. Разработка модели прогнозирования экономической динамики стран на базе глобальных индексов // Вестник Северо-Осетинского государственного университета. 2020; 1: 158-166. DOI: 10.29025/1994-7720-2020-1-158-166.
<http://bulletinnosu.ru/upload/2020-1/158-166.pdf>
110. Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики – № 2, 2017. – С.77–81.
111. Причина О.С., Орехов В.Д., Есипова Э.Ю. Закономерности трудовой деятельности коллективов в области R&D: факторы и резервы повышения производительности труда. Социальная политика и социология. 2017. Т. 16. № 6 (125). С. 25–35.
112. Производительность труда в России – итоги, планы, перспективы. Портал «Управление производством». 2016. URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/putin-chemezov.html

113. Производительность труда в Российской Федерации. Аналитический центр при Правительстве РФ, Социальный бюллетень. №9, 2017. URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/13612.pdf>
114. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 487-р от 31 марта 2014 г. «Комплексный план мероприятий по разработке профессиональных стандартов, их независимой профессионально-общественной экспертизе и применению на 2014–2016 годы»
115. Расходы России на оборону приблизились к \$70 млрд. Известия. URL: <https://iz.ru/670905/alina-evstigneeva-aleksei-ramm/raskhody-rossii-na-oboronu-priblizilis-k-70-mlrd>
116. Резолюции 65-й сессии (2010–2011 годы) Генеральной ассамблеи ООН, отчет A/65/PV.109. – 2011. URL: <https://www.un.org/ru/ga/65/docs/65res4.shtml>
117. Результаты PISA 2015. Федеральный институт качества образования. URL: https://fioco.ru/results_pisa_2015
118. Рейтинг стран мира по уровню образования. Гуманитарная энциклопедия: Исследования [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2006–2019 (последняя редакция: 23.04.2019). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/education-index/education-index-info>
119. Рейтинг стран по ВВП (ППП). NoNews URL: <https://nonews.co/directory/lists/countries/gdp-ppp> Дата обращения: 14.08.2019.
120. Ректор МГУ: «Мы заменили фундаментальное образование «компетенциями». – URL: http://www.zavuch.ru/news/news_main/1279/ (Дата обращения: 10.03.2020).
121. Россия должна увеличивать производительность труда на 5-6% ежегодно. Портал «Бизнес и власть», 2017. URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/itogi-planu-2017.html
122. Россия и страны – члены Европейского союза 2017: М., Стат. сб. /Росстат РФ, 2017.
123. Руденский О.В., Рыбак О.П. Инновационная цивилизация XXI века: конвергенция и синергия NBIC-технологий. Тенденции и прогнозы 2015–2030. Информационно-аналитический бюллетень № 3. http://www.vixri.com/wp-content/uploads/2011/08/inf3_2010.pdf.
124. Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики / Науч. сов. по Прогр. фонд. исслед. Презид. Росс. акад. наук «Экономика и социология знания». – М.: ИСПИ РАН, 2012.
125. Светлов Н.М. Модель конкуренции науки и производства за интеллект // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Материалы XVIII Всероссийского симпозиума. Москва, 11–12 апреля 2017 г. / Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. М.: ЦЭМИ РАН, 2017. С. 822–825.
126. Сегодня в мире 153 миллиона студентов. – Инновац. образов. сеть «Эврика», 2009. <http://www.eurekanet.ru/ewww/promo/10407.html>

127. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. - М.: Народное образование, 1998. – 256 с.
128. Сериков В.В. Ориентация на личность как парадигма современного образования // Просвещение. – Элиста, 1998. – С. 2–10.
129. Системный мониторинг: Глобальное и региональное развитие / Отв. ред. Д.А. Халтурина, А.В. Коротаев. – М., «Либроком», 2010. – 50 с.
130. Советский энциклопедический словарь. – М., 1987.
131. Список стран по ВВП (ППС) на душу населения. Википедия, 2017. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
132. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. – СПб.: Бизнес-пресса, 2000.
133. СССР в цифрах в 1975 году. – М., 1976.
134. Степанов А.А., Савина М.В., Степанов И.А. Становление парадигмы креативно-авторизованного образования управленческих кадров в инновационной экономике. В сборнике: Актуальные проблемы учета, анализа и аудита в социальной сфере. 2016. – М.: – «Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД России, – С. 361.
135. Суворов А.В., Суворов Н.В., Гребенников В.Г. и др. Подходы к измерению динамики и структуры человеческого капитала и оценке воздействия его накопления на экономический рост. М., Проблемы прогнозирования, ИНП РАН. 2014. С. 3–17.
136. Суворов А.В., Суворов Н.В., Гребенников В.Г., и др. Человеческий капитал как фактор социально-экономического развития России. — СПб. : Нестор-История, 2016. – 264 с.
137. Суммарный коэффициент рождаемости (1950–2015). Прогноз ООН от 2010 года, средний вариант. [Электронный ресурс] // Википедия. – 6.05.2019. 19:25 URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
138. Тест Вудкока. Оценка эффективности команды. HR-Portal. 2017. URL: <http://hr-portal.ru/tool/test-vudkoka-ocenka-effektivnosti-komandy>
139. Тест Р.М. Белбина «Командные роли». URL: <http://psychok.net/testy/674-test-r-m-belbina-komandnye-rol-i-klassifikatsiya-rolej-v-gruppe>
140. Турчин А.В., Батин М.А. – Футурология. XXI век: бессмертие или глобальная катастрофа? М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 263 с.
141. Управление знаниями в организациях. Учеб.-метод. пособие, кн. 1-4 / Подгот. Н.М. Жаворонковой, В.Н. Голубкиным. – Жуковский, 2007 (По мат. курса The Open University “Managing Knowledge”, Quintas P., Brauer E.J., Gones G., Shum S.B., Ray T., Albert, S., Bradley, K., Little, S., Skryme D.)
142. Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. – 2007. – #7.
143. Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи Р. Экономическая теория. М., Юнити, 2002.
144. Флопс, суперкомпьютеры. – Википедия, 2014. <https://ru.wikipedia.org/wiki/FLOPS>

145. Форрестер Дж. Мировая динамика / Пер. с англ. – М., СПб., 2003. – С. 23, 54.
146. Хайдж М. Оценка управленческой эффективности команды. HR по-русски, 2017. URL: <http://hr-elearning.ru/ocenka-upravlencheskoy-yeffektivnosti-komandy/>
147. Хель И. Индустрия 4.0: что такое четвертая промышленная революция? Hi-News.ru. URL: <https://hi-news.ru/business-analytics/industriya-4-0-cto-takoe-chetvertaya-promyshlennaya-revolyuciya.html>
148. Хоксворт Д., Тивари А. Мир в 2050 году. Ускорение процесса изменения баланса экономических сил в мире: проблемы и возможности. PricewaterhouseCoopers – 2011. www.pwc.co.uk/economics
149. Численность студентов в разных странах мира. – Федеральный портал Proton.ru. <http://www.protown.ru/information/hide/3542.html>
150. Шваб К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб — «Эксмо», 2016.
151. Шикова Ю. Отсидеться не получится: как оценить эффективность онлайн-курсов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pro.rbc.ru/news/5dd73f939a7947d36b1b453e> (дата обращения: 12.03.2020).
152. Шматова Ю.Е., Морев М.В. Исследование уровня счастья: литературный обзор российских и зарубежных исследований. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз 3 (39) 2015. 141–162 с. DOI: 10.15838/esc/2015.3.39.11
153. Щедровицкий Г.П. Организационно-деятельностная игра как новая форма организации коллективной мыследеятельности // Методы исследования, диагностики и развития международных трудовых коллективов. – М., 1983.
154. Щенников С.А. Открытое дистанционное образование. – М.: Наука, 2002.
155. Экономическое развитие ЕАЭС и государств-членов в 2015 году: Международные рейтинги. М.: Евразийская экономическая комиссия. – 2005. URL: www.eurasiancommission.org
156. Экономическое развитие Евразийского экономического союза и государств-членов в 2018 году: международные рейтинги. М.: Евразийская экономическая комиссия. – 2005. URL: www.eurasiancommission.org
157. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.
158. Badinger, H., Tondl, G. Trade, Human Capital and Innovation: The Engines of European Regional Growth in the 1990-s, Working Paper Nr. 42, January 2002, P. 15.
159. Barro, R.J., Lee, J.W. (2001) International Data on Education and Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3; World Development Indicators. Washington: World Bank, 2005.

160. Becker G. S., Murphy K. M., Tamura R. Human Capital, Fertility and Economic Growth // J. P. E. 1990. Pt. 2. № 5, V. 98. P. 15, 16.
161. Becker G.S. (1962), Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis//Journal of Political Economy, Vol.70, No.5, Part 2, , pp.9-49
162. Becker P. Corporate Foresight in Europe: A First Overview. Luxembourg, 2003.
163. Bedane, B., Alam R., Kitege, E. (2017). Government Effectiveness and Economic Growth. Economics Bulletin. 37. 222-227.
164. Belbin R.M. Management Teams. Why They Succeed or Fail. 2004. Second edition. London, Elsevier. 238 p.
165. Berndt E.R. (1991) .The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
166. Bongaarts, J. (2002). The end of the fertility transition in the developing world. Policy Research Division Working Paper no. 161. New York: Population Council.
167. Brewer, G., Choi, Y., Walker, R. (2008). Accountability, Corruption and Government Effectiveness in Asia: An Exploration of World Bank Governance Indicators. // International Public Management Review electronic Journal. 8. 10.DOI 1016/S0732-1317(08)17012-9
168. Brooking, A. (1996) Intellectual Capital, London, International Thompson Business Press. (Русс. пер.: Брукинг Э. Интеллектуальный капитал. – СПб., 2001).
169. Cornish E. Futuring: The Exploration of the Future. 2005.
170. David P. (2013) Knowledge, Capabilities and HumanCapital Formation in Economic Growth//Treasury Working Paper Series from New Zealand Treasury No 01/13
171. Deflator. WorldBank. (2018). URL: <https://data.worldbank.org>
172. Diener, Ed. Rising income and the subjective well-being of nations / Ed. Diener // Journal of Personality and Social Psychology. – Vol. 104 (2). – Feb. 2013. – P. 267-276.
173. Diversity & Inclusion Report 2018. HAYS.
174. Dixon J., Bakkes J., Hamilton K., Kunte A., Lutz E., Pagiolle S., Hie J. (1997). Expanding the Measure of Wealth Indicators of Environmentally Sustainable Development. Environmentally Sustainable Development. Studies and Monographs, Ser. No 17. Wash., The World Bank.
175. Easterlin, R.A. Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence / R.A. Easterlin – 1974.
176. Education at a Glance 2013: OECD Indicators. <http://www.oecd.org/edu>
177. Features of modern science // Scientific information magazine "Biofile".2018.
178. Fenton-O'Creevy, M. (1998) 'Employee involvement and the middle manager: evidence from a survey of organisations', Journal of Organisational Behaviour, 19(1), pp. 67-84.

179. Fischer S., Dornbusch R, (1988). Schmalensee. Economics. –2nd ed, McGraw-Hill.
180. Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. Science 132:1291–5. 1960.
181. Forrester J. (2003). Мировая динамика. / Пер. с англ. – М: АСТ; СПб.: Terra Fantastica.
182. Fuente. A., Ciccone A. Human capital in a global and knowledge-based economy. – Final report. European Commission, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003 – VI, 114 pp.
183. Gartner Hype Cycle (2019).
URL: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>
184. General Information – About the Library (Library of Congress). 2017. URL: <http://www.loc.gov/about/general-information>. Дата обращения: 01.12.2018.
185. General Information – About the Library (Library of Congress). 2012. <http://www.loc.gov/about/general-information>
186. Girod, D., Walters, M.. (2018). Imperial Origins of the Oil Curse. Journal of Arabian Studies. 8. 13-28. 10.1080/21534764.2018.1546930.
187. Goleman D. Emotional intelligence. New York: Bantam Books, Inc., 1995.
188. Gordon T.J., Helmer O. Report on Long-Range Forecasting Study. - The RAND Corporation, Santa Monica, Calif., Sept., 1964.
189. Gordon, W.J.J. Sinectics: The Development of Creative Capacity. New York, 1961.
190. Gorshenin V.P., Prichina O.S., Orekhov V.D., et al. Cognitive Technologies to Build Models for Operations of Business School. Proceeding of the 29th IBI-MA Conference – Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth 2017. P. 504–513.
191. Gross domestic product based on purchasing-power-parity (PPP) valuation of country GDP (англ.). The World Bank (21.09.2018). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>
192. Gurban, I.A., Tarasyev, Jr. A.A. Global trends in education: Russia case study. - IFAC-Papers OnLine, – 2016, – № 49 (6), P. 189.
193. Hall R. E., Jones C. I. Why do some countries produce so much more output per worker than others?; Caselli F. Accounting for Cross-Country Income Differences // CEP Discussion Paper. 2005. № 667.
194. Hamilton K., Hartwick J.M. Investing Exhaustible Resource Rents and the Path of Consumption // Canadian Journal of Economics 38 (2). 2005.
195. Hartley, K., Zhang, J. (2018). Measuring Policy Capacity Through Governance Indices. DOI 10.1007/978-3-319-54675-9_4.
196. Hawksworth J. The World in 2050. How big will the major emerging market economies get and how can the OECD compete? PricewaterhouseCoopers – March 2006.

197. Hawksworth J. PricewaterhouseCoopers: Прогноз развития мировой экономики с 2015 до 2050 года. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. URL: <https://gtmarket.ru/news/2015/02/11/7089>
198. Hawksworth J., Audino H., Clarry R. (2017). The World in 2050. The long view: how will the global economic order change by 2050? PwC Economics & Policy services. URL: <http://www.pwc.com/world2050>
199. Hawksworth J., Chan D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. PwC Economics. 2013.
200. Hetten D.A., Cameron K.S. Developing Management skills. Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, –8th ed. 2011.
201. Human Development Indices and Indicators 2018 Statistical Update. United Nations Development Programme. 1 UN Plaza, New York, NY 10017 USA.
202. Human Development Reports. United Nations Development Programme. URL: <http://hdr.undp.org/en/2018-update>
203. Igaune, I , Liepa-Balode Ilze Agnese H (2016) The Mutual Reciprocity of Education, Non-Formal Cultural Education and Social Capital // Economics and Culture, 2016, vol. 13, issue 2, 35-43 DOI: <https://doi.org/10.1515/jec-2016-0018>
204. Indicators. WorldBank. (2018). URL: <https://data.worldbank.org/indicator>
205. Isaev R.A., Podvesovskii A.G. Generalized Model of Pulse Process for Dynamic Analysis of Sylov's Fuzzy Cognitive Maps // CEUR Workshop Proceedings of the Mathematical Modeling Session at the International Conference Information Technology and Nanotechnology (MM-ITNT 2017), Vol. 1904. – P. 57-63.
206. Jorgenson D.W., Fraumeni B.M. (1992) The Output of the Education Sector / Z. Griliches (ed.). Output Measurement in the Services Sector. Chicago: The University of Chicago Press.
207. Jorgenson D.W., Fraumeni B.M. The Accumulation of Human and Nonhuman Capital, 1948–1984 / R.E. Lipsey, H.S. Tice (eds.). The Measurement of Savings, Investment and Wealth. Chicago: The University of Chicago Press, 1989.
208. Kahn H. The Next Two Hundred Years: A Scenario for America and the World. 1976.
209. Karanashev A., Shinkareva O., Prichina O., Gorshenin V., Orekhov V. The effectiveness of the research and development teams with an account for process management specifics. International Journal of Civil Engineering and Technology. 2019. T. 10. № 2. С. 1784–1793.
210. Kendrick, J. W. (1976) Economic Growth and Total Capital Formation: A Study. U.S. Congress. Joint Economic Committee -.
211. Kosko B. Fuzzy CognitiveMaps // International Journal of Man-Machine Studies, 1986. – Vol. 1. – P. 65–75.
212. Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. The Quarterly Journal of Economics108, 1993. P. 694.

213. Kriemadis, T., Thomopoulou, I., Sioutou, A. Ideological function of deming theory in higher education: Emerging research and opportunities. – IGI Global. – 2017. DOI: 10.4018/978-1-5225-2265-2.
214. Kulinich A. A. Computer systems of cognitive maps modeling: approaches and methods. Problems of Management, № 3, 2010.
215. Kurzweil R. The Singularity Is Near. N. Y.: Viking, 2005.
216. Larionova A.A., Zaitseva N.A., Anoshina Y.F., Gaidarenko L.V., Ostroukhov V.M. The modern paradigm of transforming the vocational education system. Astra Salvensis. 2018. № 6, p. 436-448.
217. Library of Congress. – Wikipedia, 2012. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
218. List of countries by GDP growth rate. URL: <https://ru.wikipedia.org> (accessed 03.08.2019).
219. Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD. GGDC, 2010.
220. McConnell, S. and Bru, S. (2006). Economics. McGraw-Hill Companies, Ink.
221. Meadows D.H. (2008) Thinking in Systems: a primer. Chelsea Green Publishing, Vermont, 2008.
222. Meadows D.H. Thinking in Systems: a primer. — Chelsea Green Publishing, Vermont, 2008. — p. XI + 211.
223. Miller T., Kim A. B., Roberts J. M., Tyrrel P. (2019) Index of Economic Freedom. Washington: Heritage Foundation. <http://www.heritage.org/index>
224. Mincer J. (1974), Schooling, Experience and Earnings, New York: Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research.
225. Mincer J. (1994) The Production of Human Capital and The Lifccyclc of Earnings: Variations on a Theme. – Working Paper of the NBER, No 4838.
226. Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. Electronics, pp. 114–117, April 19, 1965.
227. Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011. <http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-scopus>
228. Mulligan C.B. X.Sala-i-Martin. (1995). Measuring Aggregate Human Capital. - Working Paper of the NBER, No 5016.
229. Muraven, M., Shmueli, D., Burkley, E. Conserving self-control strength // Journal of Personality and Social Psychology. 2006. Vol. 91. P. 524–537.
230. Nonaka, I., Takeuchi, H. The Knowledge-creating company: How gapenese create the dynamice of innovation, Oxford University Press, 1995 (Русс. пер. Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003).
231. O'Connor J, McDermott I,. The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. HarperCollins Publishers, 1997. 288 p.
232. OECD «Education at a glance» 2017.

233. OECD.Stat. (2018). Educational attainment and labor-force status. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EAG_NEAC
234. Orekhov V.D., Prichina O.S. at al. Scientific analysis of the Happiness Index in regard to the human capital development // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020, Vol. 12, Special Issue. P. 467–478.
235. Orekhov V., Ramanau R., Melnik M. (2018). Investigation of the Legislation of Control Effectiveness of Labor of Scientific Groups. Economic and Social Development (Book of Proceedings). 34th International Scientific Conference on Economic and Social Development. P. 669–678.
236. Orekhov V.D., Prichina O.S., Blinnikova A.V., Panfilova E.A., Shchennikova E.S. Indicative diagnostics of the educational component of human capital on the basis of mathematical modeling. Opción, Año 35, VE, Especial No.20 (2019): 2337-2365.
237. Pere, E. (2015). The impact of good governance in the economic development of Western Balkan countries. European Journal of Government and Economics. 4. 25-45. 10.17979/ejge.2015.4.1.4305.
238. Peter van de Ven. (2014). The Implementation of the 2008 SNA and the Main Challenges_rus.pdf Third General conference of The international Association for the study of income and wealth, Rotterdam.
239. PISA 2015 Database. OEDC. 2016.
240. PISA 2015 Results in Focus. OECD 2016.
241. Polachek, S. (2013) Heterogeneity in the Production of Human Capital// Discussion Papers from Institute for the Study of Labor (IZA) No 7335
242. PricewaterhouseCoopers: Прогноз развития мировой экономики с 2015 до 2050 года. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. — 11.02.2015. 12:00. URL: <https://gtmarket.ru/news/2015/02/11/7089>
243. Prichina O., Orekhov V.D., Shchennikova E.S. World Number of Scientists in Dynamic Simulation for the Past and the Future. Economic and Social Development Book of Proceedings. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; Russian State Social University. 2017. С. 69-81.
244. Prichina O., Piel H., Solodukha P., Orekhov V. Investigation of Managed External-and Intercoming Processes in Conditions of Global and Uncertainty. Economic and Social Development (Book of Proceedings). 34th International Scientific Conference on Economic and Social Development. С. 860–872. <https://publons.com/publon/30475877>
245. Prichina O.S., Orekhov V.D., Evdokimova Y.V., Kukharensko O.G., Kovshova M.V. (2019). Evolution of Key Factors and Growth Potential of Human Capital. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) Volume-8 Issue-7, 2019.
246. Psacharopoulos G., Patrinos H. A. Returns to Investment in Education: A Further Update. P. 1.
247. Quinn, J. B., Anderson, P. Finkelstein, S. (1966) "Managin professional Intellect". Harvard Business Review, March–April, pp. 71–83.

248. Rating countries for the happiness level of the United Nations. Humanitarian encyclopedia: Research [Electronic resource] // Center for humanitarian technologies, 2006–2019. 2019 (Sustainable Development Solutions Network: World Happiness Report 2019: (last edition: 23.04.2019). URL:<https://gtmarket.ru/ratings/world-happiness-report/info>
249. Rating of the countries of the world in terms of favorable business conditions in 2014 – 2018. Economist Intelligence Unit [Electronic resource] // Center for Humanitarian Technologies. URL: <https://gtmarket.ru/news/2014/05/26/6784> .
250. Researchers in R & D. Indicator. Worldbank, (2015). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6?view=chart>
251. Rifkin, J. The Third Industrial Revolution How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World, – New York: Palgrave Macmillan, 2011. – 291 pp.
252. Romanovtseva O.V. The Competence Approach in Education. - Contemporary Problems of Social Work. – 2016. – № 4(8). – P. 85.
253. Roxburgh C. С поправкой на мозг. The McKinsey Quarterly (№ 2, 2003).
254. Saaty, Thomas L. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors – The Analytic Hierarchy/Network Process. RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics) 102 (2), 2008-06. – P. 251 – 318.
255. Saltelli A. International PISA tests show how evidence-based policy can go wrong. DlgBlogger 2017. <https://www.djgblogger.com/international-pisa-tests-show-how-evidence-based-policy-can-go-wrong/>
256. Schofer E., Meyer J. W. The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century, American Sociological Review. 2006.
257. Schultz T. Reflection on Investment in Man // The Journal of Political Economy. Vol. LXX, 1962.
258. Schultz T.W. The Economic Value of Education. New York: Columbia University Press. 1963.
259. Schwab K. The Global Competitiveness Index 4.0 2019 Rankings. World Economic Forum 2019.
260. SCImago Journal & Country Rank. Scimago Institutions Rankings. URL: <https://www.scimagojr.com/>
261. SCImago Journal&Country Rank, 2014.
262. Scopus. Content Coverage Guide, 2013.
263. Serneels P. (2008) Human capital revisited: The role of experience and education when controlling for performance and cognitive skills //Labour Economics, vol. 15, issue 6, 1143–1161.
264. Shinkareva O., Orekhov V., Soloduha P., Prichina O., Gizyatova A. (2018). Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managing the Performance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology, V. 9, Is. 13, pp. 303–317.

265. Shultz T. Human Capital in the International Encyclopedia of the Social Sciences. — N.Y., 1968, vol. 6.
266. Silberglitt R., Anton P. S., et al. Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyses. (2006). RAND Corporation.
https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR303.html
267. SINIC Theory: A Compass for Corporate Management. Omron Integrated Report 2018. URL: www.omron.com
268. Six ways to ensure higher education leaves no one behind. UNESCO Policy Paper 30, 2017. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247862>
269. Skyrme, D. J. and Amidone, D. M. Creating the Knowledge-Based Business, Wimbledon, Business Intellegence Ltd. 1997.
270. Soares J. (2006) Borrowing Constraints, Parental Altruism and Human Capital Accumulation // Meeting Papers from Society for Economic Dynamics No 516
271. Solodukha P.V., Piel H., Prichina O.S., Orekhov V.D. Investigation of managed external- and intercoming processes in conditions of global and uncertainty. XVIII International Social Congress (ISC-2018). Book_of_Proceedings_esdMoscow2018_Online.pdf pp. 860–871.
272. Sorikhina V.P. Integration of the Students in Research Activities: Formulation of the Problem. Contemporary Problems of Social Work. – 2015. - № 1 (3). – P. 49.
273. Sotheby. Principia Typographica. — L., 1858.
274. Spence M. The Next Convergence: The Future of Economic Growth in a Multispeed World. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011. (Пер. с англ. А. Калинина, М., 2013. <http://rabkor.ru/culture/books/2013/06/06/spence/>)
275. Tasova N. K. New Approaches in Design and Vocational Education: Impact of the Internet Design Education and Digitalize, Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2013. - № 106. – P. 1908.
276. Tateisi K. The Eternal Venture Spirit: An Executive's Practical Philosophy. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1989.
277. Temple C. Critical thinking and critical literacy. Change (Peremena), № 2, 2005, pp. 15-20.
278. The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum.
279. The Growth Report: Strategies for Sustained Growth and Inclusive Development. Commission on Growth and Development. – 2008.
www.growthcommission.org
280. The Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC). OECD. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. – 08.10.2013. URL: <https://gtmarket.ru/news/2013/10/08/6299>
281. Thibeault I.V., Prichina O.S., Goreliva G.V. Cognitive Russian Modeling in the System of Corporate Governance. Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. T.6 №2. Rome, Italy. – P. 442–452.
282. Thompson R. Leadership and power. Book 7. Tutorial: TRANS. with English / – Zhukovsky: MIM LINK, 2008. – 119 p.

283. UIS UNESCO. International Standard Classification of Education. 2013. URL: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/isced-2011-ru.pdf>.
284. UNESCO. Press release. # 2009–139. – 2009.
285. Veenhoven, R. Questions on happiness: Classical topics, modern answers, blind spots. In F. Strack, M. Argyle, & N. Schwarz (Eds.), *Subjective well-being: An interdisciplinary perspective* (P. 7-26). – Oxford, England: Pergamon Press, 1991. – P. 14.
286. Vinge V. The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era". *Whole Earth Review*, 1993.
287. Welford A.T. On the human demands of automation: Mental work conceptual model, satisfaction and training. // *Industrial and business psychology*. – 1961. – Vol. 5. – P. 182–193.
288. White, R., Lippitt, R. (1983) `Leader behavior and member reaction in ththree “social climates”`, in Cartwright, D. and Zander, A. (eds) *Group Dynamics*, Tavistock.
289. Woodcock, M. *Team Development Manual*. Farnborough: Gower Press, 1979.
290. *World Population Prospects: The 2015 Revision. Key Findings and Advance Tables*. (2015) Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations, New York. No. ESA/P/WP.241. <https://www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html>
291. *World Population Prospects: The 2017 Revision*. (2017). Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations. New York. URL: <https://population.un.org/wpp/Publications/>
292. Zwicky, F. *Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach*, McMillan, 1969.

*Научное издание
(монография)*

**Разработка методов и моделей анализа
и прогнозирования социально-экономических процессов
с учетом фактора человеческого капитала**

Корректура — *В.П. Пронина*

Компьютерная верстка — *Н.Г. Мальшкина*

Дизайн обложки — *Е.Ю. Лазарева*

ИЗДАТЕЛЬСТВО АНО ВО МИМ ЛИНК

140181, г. Жуковский Московской области,

ул. Московская, д. 8/1

<http://www.ou-link.ru>

Подписано в печать 23.07.2020