



ИНСТИТУТ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ

Автономная
некоммерческая
организация

В условиях формирования нового мирохозяйственного цикла формирование конкурентоспособной экономики возможно только на основе высокотехнологического научно-промышленного комплекса и передовой фундаментальной науки.

В книгах серии «Библиотека Института стратегий развития» рассматриваются различные аспекты разработки и реализации стратегий социально-экономического, научно-технологического и общественно-гуманитарного развития России.

Представленная коллективная монография является первым в России изданием, в котором ведущими ответственными членами и специалистами-практиками системно рассмотрена проблематика достижения технологического суверенитета: от методологических основ и глобальных процессов до конкретных решений для национальных отраслей промышленности, подготовки кадров, развития территорий.

Основная идея монографии заключается в переходе от политики реформ по зарубежным каналам к развитию на основе собственных конкурентных преимуществ. Исходя из этого выработаны базовые подходы к формированию государственной политики научно-технологического развития и обеспечения технологического суверенитета.

*Директор Института стратегий развития
П.А. Вершин*



ТЕХНОСФЕРА



ТЕХНОСФЕРА



ИНСТИТУТ
СТРАТЕГИЙ
РАЗВИТИЯ

БИБЛИОТЕКА ИНСТИТУТА СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ: ОТ РЕФОРМ К РАЗВИТИЮ

Под общей редакцией
члена-корреспондента РАН
В.В. Иванова

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2025



ИНСТИТУТ
СТРАТЕГИЙ
РАЗВИТИЯ
Автономная
некоммерческая
организация

*Издание осуществлено при поддержке
АНО «Институт стратегий развития»*

УДК 342.3
ББК 65.9 (2РОС)
Т38

Рецензенты:

*вице-президент РАН, председатель Дальневосточного отделения РАН,
академик РАН Ю.Н. Кульчин*
вице-президент РАН, академик РАН С.Л. Чернышов

Т38 Технологический суверенитет: от реформ к развитию
Под общей редакцией члена-корреспондента РАН В.В. Иванова
М.: ТЕХНОСФЕРА, 2025. – 436 с. ISBN 978-5-94836-741-5

В монографии представлены теоретические и практические подходы к обеспечению технологического суверенитета Российской Федерации.

В первой главе рассматривается роль научно-технологического прогресса в формировании нового мирового уклада, формулируются законы научно-технологического развития. Особое внимание уделяется развитию глобального информационного пространства и технологий искусственного интеллекта, а также вопросам международного научно-технического сотрудничества. Во второй главе рассматриваются как общие вопросы обеспечения технологического суверенитета, так и проблемы научно-технологического развития конкретных высокотехнологичных областей: фармакологии, атомной промышленности, сельского хозяйства, авиационной промышленности, производства электронных компонентов, робототехники, станкостроения. Третья глава посвящена кадровому обеспечению высокотехнологических отраслей промышленности. В четвертой главе рассматриваются проблемы научно-технологического развития территорий. В главе 5 – дается краткий анализ реформ сектора исследований и разработок, формулируются общие подходы к выработке государственной политики обеспечения научно-технологического развития и технологического суверенитета.

УДК 342.3
ББК 65.9 (2РОС)

© Информационно-аналитический центр «Наука» РАН, 2025
© Авторский коллектив, 2025
© В.В. Иванов, 2025
© АО РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2025

ISBN 978-5-94836-741-5

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	11
<i>С.В. Кабышев</i>	
ВВЕДЕНИЕ	14
<i>В.В. Иванов</i>	
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ ГЛОБАЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ	17
1.1. Наука и технологии как базовые факторы развития.....	17
<i>В.В. Иванов</i>	
1.1.1. Этапы технологического развития.....	17
1.1.2. Законы научно-технологического развития.....	19
1.1.3. Информация как глобальный институт развития.....	21
1.1.4. Новая среда обитания человека и экология технологий.....	23
1.1.5. Глобализация 4.0 t (технологическая)	26
1.2. Развитие компьютерного пространства – ключ к технологическому суверенитету России	28
<i>Г.Г. Малинецкий</i>	
1.2.1. Самоорганизация и главный противник России	28
1.2.2. От Пифагора до математической промышленности.....	31
1.2.3. Оборона, дипломатия и компьютерная реальность	35
1.2.4. Разведка и террор в компьютерном контексте	39
1.2.5. Экономическое развитие и компьютерная реальность.....	42
1.2.6. Новая революция. Искусственный интеллект	47
1.3. Перспективы развития отрасли искусственного интеллекта в контексте достижения технологической независимости и обеспечения национальной безопасности	49
<i>И.А. Соколов, К.В. Иванов</i>	
1.3.1. Введение.....	49
1.3.2. Выйти из гонки видеокарт.....	51
1.3.3. Развитие ИИ и робототехника	54
1.3.4. Доверенный искусственный интеллект как основа технологической независимости	55
1.3.5. Подходы к обеспечению технологической независимости в области ИИ в разных странах	57
1.3.6. Механизмы реализации стратегии развития искусственного интеллекта	66

1.4. Международное научно-технологическое сотрудничество в условиях глобальных трансформаций.....	70
<i>Д.П. Сазонова</i>	
1.4.1. Необходимость интеграции научно-технического потенциала	70
1.4.2. Организация научно-исследовательской деятельности в США	71
1.4.3. Европейский союз (ЕС).....	79
1.4.4. Китай.....	85
1.4.5. БРИКС.....	87
2. ТЕХНОЛОГИИ ПРОРЫВА.....	91
2.1. Пути решения научно-технологических проблем создания нового продукта.....	91
<i>В.В. Береговых, Н.В. Пятигорская, Г.Э. Бркич, А.М. Пятигорский, О.А. Зырянов</i>	
2.1.1. Уровни готовности технологий	91
2.1.2. Уровни готовности производства.....	105
2.2. Формирование технологического суверенитета на мезоэкономическом уровне	114
<i>Д.Ю. Байдаров, Д.Ю. Файков</i>	
2.2.1. Технологический суверенитет: необходимые пояснения	114
2.2.2. Международное сотрудничество, технологическое лидерство – необходимые условия технологического суверенитета.....	116
2.2.3. Особенности мезоуровня экономики	118
2.2.4. Обеспечение технологического суверенитета на мезоэкономическом уровне на примере научно-производственных государственных корпораций	120
2.3. Научное обеспечение продовольственной безопасности в условиях современных вызовов	138
<i>Н.К. Долгушкин</i>	
2.3.1. Продовольственная безопасность и технологический суверенитет	138
2.3.2. Глобальные риски и угрозы продовольственной безопасности.....	142
2.3.3. Современный потенциал сельскохозяйственной науки и направления его развития.....	144
2.4. Технологический суверенитет в области авиастроения и гражданской авиации.....	149
<i>В.В. Клочков</i>	
2.4.1. Особенности обеспечения технологического суверенитета в авиационной промышленности.....	149

2.4.2. Технологический суверенитет в авиастроении: автаркия или адаптивность	151
2.4.3. Суверенитет в управлении технологическим развитием авиации и авиастроения в России.....	155
2.4.4. Необходимые условия обеспечения технологического суверенитета России и оптимизация его «цены»	162
2.5. Развитие отечественной разработки и производства электронных компонентов для обеспечения безопасности и технологического суверенитета критической инфраструктуры	165
<i>П.А. Верник</i>	
2.5.1. Проблема безопасности программно-аппаратных комплексов.....	165
2.5.2. Система доверенного проектирования сложнофункциональных интегральных микросхем	167
2.5.3. Обеспечение технологического суверенитета в области пассивных электронных компонентов для создания доверенных программно-аппаратных комплексов и систем.....	172
2.6. Пути развития отечественной промышленной робототехники	174
<i>И.Л. Ермолов</i>	
2.6.1. Российские промышленные роботы вчера и сегодня	174
2.6.2. Перспективы	180
2.6.3. Что делать.....	183
2.6.4. Перспективный «РосРобот».....	184
2.6.5. Другие проблемы и пути их решения.....	186
2.6.6. Кому делать.....	188
2.7. Технологический суверенитет в станкостроении: показатели, оценка, достижимость	190
<i>А.П. Кузнецов</i>	
2.7.1. Методологические особенности определения показателей технологического суверенитета, независимости в станкостроении, их оценки и достижимость.....	190
2.7.2. Выводы и направления оценок состояния технологического суверенитета и его развития	210
3. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ЭКОНОМИКИ.....	213
3.1. Технологический суверенитет: базовые образовательные принципы и стратегические цели подготовки кадров.....	213
<i>А.В. Путилов</i>	
3.1.1. Стратегические цели образования.....	213
3.1.2. Системный анализ ситуации с подготовкой кадров для обеспечения технологического суверенитета	214

3.1.3.	Перспективные подходы к решению проблемы обеспечения кадрами с высшим образованием.....	215
3.1.4.	Отечественная атомная отрасль как локомотив формирования национального технологического суверенитета и ее кадровое обеспечение	216
3.1.5.	Профессиональная переподготовка как механизм компенсации дефицита кадров	224
3.1.6.	Первоочередные задачи подготовки кадров для высокотехнологичных отраслей экономики.....	227
3.2.	Подготовка кадров для обеспечения технологического суверенитета в сфере аэрокосмического приборостроения	228
	<i>Ю.А. Антохина, Н.Н. Майоров, В.Л. Оленев</i>	
3.2.1.	Требования к кадрам для отрасли аэрокосмического приборостроения	228
3.2.2.	Уникальный профиль ФГАОУ ВО ГУАП – аэрокосмическое приборостроение	230
3.2.3.	Создание научно-исследовательских лабораторий в области ракетно-космической отрасли как ответ на необходимость опережающей подготовки кадров	233
3.2.4.	Центр аэрокосмических исследований и разработок (Aerospace R&D Centre) как центр передовых аэрокосмических лабораторий и малого инновационного производства	242
3.3.	Подготовка кадров для достижения технологического суверенитета: развертка по времени.....	248
	<i>Е.В. Малахова</i>	
3.3.1.	Временной фактор подготовки кадров	248
3.3.2.	Формирование кадрового потенциала в долгосрочном периоде	252
3.3.3.	Формирование кадрового потенциала в среднесрочном периоде	256
3.3.4.	Формирование кадрового потенциала в краткосрочном периоде	260
4.	НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ	263
4.1.	Основы региональной научно-технической политики	263
	<i>В.В. Иванов</i>	
4.1.1.	Научно-технологическое развитие территорий (общий подход)	263
4.1.2.	Концепция ТИР и практика её реализации	265
4.1.3.	Территории с низким научно-техническим потенциалом	268

4.1.4. Методические вопросы разработки программ инновационного развития территорий и управления их реализацией	271
4.2. Методология оценки научно-технологического развития регионов	273
<i>И.Е. Ильина, А.П. Рудницкая, А.В. Шулдяков, О.А. Щербакова</i>	
4.2.1. Методология формирования моделей (профилей) регионального развития	273
4.2.2. Кадровый потенциал федеральных округов	282
4.2.3. Региональная инфраструктура научно-технической и инновационной деятельности	286
4.2.4. Динамика финансирования региональных научно-технологических комплексов	287
4.2.5. Оценка результативности научно-технологической деятельности, публикационной и патентной активности, технологий и инноваций (2021–2023 гг)	292
4.3. Территории с высоким научно-технологическим потенциалом	296
<i>А.А. Рац</i>	
4.3.1. Развитие территорий с ВНТП (общий подход)	296
4.3.2. Законодательное регулирование планирования и управления территориями с ВНТП	300
4.3.3. Кадровые вопросы	301
4.3.4. Привлечение инвестиций в сферу высоких технологий	307
4.4. Научно-промышленные кластеры двойного назначения как инфраструктура укрепления технологического суверенитета и обеспечения национальной безопасности	318
<i>Е.А. Антипина</i>	
4.5. Важнейшие направления инновационного развития территорий	334
<i>В.В. Иванов</i>	
5. ПЕРСПЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА.	336
<i>В.В. Иванов, Е.В. Королёва, Р.А. Маринина</i>	
5.1. Реформы научно-технологического комплекса 1992–2002: истоки и основные результаты	336
5.2. Современная политика научно-технологического развития России	343
5.2.1. Стратегические направления политики научно-технологической политики и механизмы её реализации	343
5.2.2. Законодательное обеспечение развития сферы науки и технологий	353

5.2.3. Приоритетные направления научно-технологического развития Российской Федерации	367
5.2.4. Система управления научно-технологическим развитием Российской Федерации	369
5.3. Об основных направлениях государственной политики обеспечения технологического суверенитета	375
ПРИЛОЖЕНИЯ	382
Приложение 1	
Термины и определения	382
Приложение 2	
Основные задачи по достижению цели научно-технологического развития, определенные в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации и Стратегии национальной безопасности Российской Федерации	397
Приложение 3	
Приоритетные направления научно-технологического развития Российской Федерации, определенные Стратегией НТР	400
Приложение 4	
Задачи по реализации Стратегии НТР в 2024 году	402
Приложение 5	
Предварительный перечень сквозных технологий (технологических направлений)	404
Приложение 6	
Перечень критических технологий Российской Федерации	405
ЛИТЕРАТУРА	407
АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ	427

ПРЕДИСЛОВИЕ

Председателя Комитета по науке и высшему образованию
Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации
С.В. Кабышева

Сегодня наука, технологии и наукоемкая промышленность, базирующиеся на интеллектуальном потенциале и природных ресурсах, определяют качество государства, его реальные возможности занять лидирующие позиции в новом мирохозяйственном укладе. Наука и научно-технологическое развитие являются ключевым фактором развития России, обеспечения её суверенитета, безопасности и создания условий для достойной жизни граждан.

От результативности исследований по максимально возможному научному спектру, включая научные направления социогуманитарного профиля, зависят суверенитет, безопасность, благополучие, стратегическая устойчивость государства, возможность сохранения и укрепления национальной идентичности, преемственность в историческом развитии на базе российских духовно-нравственных ценностей, политико-правовых и культурных традиций. Наука (а в конечном, конкретно-прикладном выражении и итоге — научно обоснованная политика государства) способна приблизить становление миропорядка, основанного на признании национального достоинства, равноправии, солидарности и взаимной ответственности как базового принципа международных отношений.

В России, в отличие от ряда зарубежных стран, наука исторически формировалась не как отделенная от государства сфера частной автономии, а прежде всего как институт интеллектуального творческого служения благу народа и своего Отечества, его идеалам и историческим задачам. Идея служения интересам Отечества последовательно отражена в уставах Российской академии наук. Так, §3 устава 1836 года гласил: «Академии предлежит обращать труды свои непосредственно в пользу России...». Нынешний устав Российской академии наук на первое место среди целей деятельности академии ставит «проведение и развитие фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований, направленных на получение новых знаний <...> и способствующих технологическому, экономическому, социальному и духовно-му развитию России» (подпункт «а» пункта 12).

Наука призвана сегодня служить не только основной производительной силой, но и важнейшим смыслообразующим, ценностно-мировоззренческим фактором развития России, способствовать пониманию нашей страны как самобытной державы-цивилизации, предлагать обществу необходимые технологические решения и вместе с тем позволять обретать свои цели, смыслы. Рассматривая мораль как дисциплину, которую человечество должно принять, чтобы противостоять действующим против него слепым силам природы, и считая при этом растратой попытки создать мораль рассуждением, А. Пуанкаре

отмечал важность дисциплинирующего начала самой науки, которая объединяет современников с предшествующими и будущими поколениями, их опытом и способна породить новые чувства, создать «новую душу», играет полезную и важную роль в моральном воспитании¹.

Поставленные в Указе Президента РФ от 7 мая 2024 года № 309 национальные цели развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года включают в себя технологическое лидерство в качестве самостоятельного направления, которое требует существенного укрепления институциональной, финансовой, кадровой и иных основ научной деятельности, и предполагают не просто ценностное признание, а придание науке в реальном нормативно-правовом и организационно-управленческом плане системообразующей роли для достижения всей совокупности национальных приоритетов.

Идейно-смысловым ядром обновленной Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 28 февраля 2024 года № 145, является гарантированный в научном и технологическом плане суверенитет. Российская наука прямо определена в качестве «основы суверенного развития государства», ее роль — создавать «необходимые предпосылки и условия для обоснованного, сбалансированного и эффективного решения всего комплекса стоящих перед Российской Федерацией социальных, экономических, культурных и иных задач, обеспечения безопасности страны и ее значимого вклада в интеллектуальное достояние человечества». При этом Стратегия определяет текущий период как этап мобилизационного развития научно-технологической сферы, ставит задачи по преодолению целого ряда негативных тенденций, связанных, в частности, с несогласованностью приоритетов научно-технологического развития и инструментов его поддержки, разомкнутостью единого инновационного цикла. Особый акцент сделан на ценностно-мировоззренческом базисе научно-технологического развития, необходимости патриотического воспитания российских ученых и повышении их ответственности за достижение значимых результатов.

С учетом стоящих перед страной исторических вызовов, преодолеть которые возможно только путем мобилизации интеллектуального и ресурсного потенциала страны, необходимо сфокусироваться на поиске подходов и решений, которые позволили бы максимально задействовать ресурсы права для стимулирования научного прогресса, устранить накопившиеся регулятивные факторы его торможения. Для этого необходимо провести анализ существующих проблем, определить возможные пути их решения, принять политику научно-технологического развития, ориентированную на выпуск конкурентоспособной на мировом уровне высокотехнологичной продукции, и на этой базе сформировать законодательство, определяющее механизмы реализации

¹ Пуанкаре А. О науке. М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1983. С. 508, 511.

этой задачи. Таким образом, придание законодательству о научно-технологическом и инновационном развитии качеств системообразующего непосредственного регулятора соответствующих отношений в целях достижения обществено значимого эффекта обеспечит переход к новому качеству законодательства о науке, его интеграцию и социальную ориентацию. Решение проблем и задач, связанных с выведением российской науки на уровень, обеспечивающий необходимые темпы и качество социально-экономического развития, предполагает необходимость максимального использования ресурсов права для стимулирования научного прогресса, т. е., по существу, формирования правового режима, обеспечивающего наиболее благоприятные условия для достижения значимых востребованных научных результатов, включая инструменты профилактики и преодоления рисков, вызванных регулятивными факторами торможения научно-технологического развития.

В предлагаемой коллективной монографии изложен системный подход к решению проблемы обеспечения технологического суверенитета. В авторский коллектив вошли ведущие ученые и специалисты, занимающиеся практической работой и знающие проблемы изнутри. В книге рассматривается широкий круг проблем, связанных с научно-технологическим развитием. При этом в основу исследований заложена идея перехода от политики реформ по зарубежным лекалам, как это происходило с начала 90-х годов, к развитию на основе собственных возможностей, и прежде всего в интересах России. В этой книге представлены новые взгляды на имеющиеся проблемы и пути их преодоления, и она, безусловно, будет полезна при разработке и принятии решений, касающихся различных аспектов достижения технологического лидерства.

ВВЕДЕНИЕ

Обгонять, не догоняя.

И.В. Курчатов

Стратегический вектор развития государства определяется глобальными тенденциями развития, исторической динамикой развития, текущим уровнем социально-экономического развития, философией и целями развития.

На Давосском экономическом форуме в феврале 2023 г. рассматривались вопросы глобальных трансформаций. При этом отмечалось, что глобализация осталась в прошлом, а в дальнейшем будет нарастать процесс фрагментации глобальной экономики, её регионализация, что в свою очередь приведёт к росту издержек. Неопределённость в плане геополитики усиливает риски конфликтов, социальных недовольств, гражданского неповиновения. Кроме того, на текущие процессы влияют климатические изменения, ограниченность природных, прежде всего энергетических, ресурсов, трудность доступа к ним. Главный вывод форума заключается в констатации неизбежности глобального кризиса, в результате которого сформируется новый мирохозяйственный уклад.

Следует отметить, что понятие «глобализация» рассматривается в основном с геополитической и экономической точек зрения [1, 2]. Однако история показывает, что геополитическая глобализация – это некоторая идеальная модель, которая на практике в полной мере не была реализована. Так, США хотя и являются мировым технологическим и экономическим лидером, однако имеют ограниченные возможности для навязывания своей воли другим странам. Это наглядно демонстрирует, например, опыт Китая, сумевшего создать собственную высокотехнологичную конкурентоспособную промышленность и проводить самостоятельную внешнюю политику. По-видимому, не в последнюю очередь успехи США связаны с тем, что на территории страны почти 250 лет не было военных действий. Очевидно, что такая ситуация способствовала устойчивому социально-экономическому развитию США, созданию новейших технологий и на их основе передовых систем вооружений.

В то же время Европа только в XX веке стала ареной двух мировых войн. Россия и СССР были непосредственно втянуты в эти войны. Это привело к огромным потерям, прежде всего людским. Тем не менее СССР, несмотря на разрушительную войну 1941–1945 гг., смог к 1957 г. освоить атомную энергию и проложить дорогу в космос. Это позволило создать новую науку, образование, промышленность, а также ракетно-ядерный щит, обеспечивающий безопасность страны и в настоящее время.

Такие успехи были достигнуты благодаря четкой государственной политике и системе организации исследований и разработок, основу которой составляли конкретная постановка задач, обеспечение необходимыми ресурс-



сами, отсутствие избыточного административного вмешательства в процесс проведения исследований и разработок [3]. При этом основной акцент делался на создание собственного конкурентоспособного научно-промышленного высокотехнологического комплекса на основании собственной фундаментальной науки при творческом использовании лучшего мирового опыта.

Благодаря тесному взаимодействию правительства, науки и общества были обеспечены технологический суверенитет и военный паритет, созданы условия для проведения самостоятельной внешней политики и обеспечения принципа мирного существования.

Таким образом, констатацию факта завершения глобализационного процесса следует рассматривать прежде всего с политической точки зрения. В то же время уже сейчас есть основания говорить о текущей гуманитарно-технологической революции [4, 5, 6]. Её суть заключается в синергетическом взаимодействии власти и бизнеса в целях формирования дружелюбной среды обитания человека, которая рассматривается как система «природа – технологии – информация – культура». Это указывает на наступление нового этапа глобализации – Глобализация 4.0t [7] и в конечном итоге приведет к формированию нового мирохозяйственного уклада, в котором лидирующие позиции займут страны, обладающие наиболее развитым научно-промышленным комплексом, обеспечивающим высокое качество жизни, военную безопасность, а также позволяющим занимать доминирующие позиции на глобальных рынках высокотехнологичной продукции. Следует заметить, что именно уровень качества жизни является главным показателем развития и конкурентоспособности государства, поскольку именно страны с высоким уровнем жизни позволяют сконцентрировать на своей территории самый главный ресурс – человеческий потенциал.

В период позднего СССР и до недавнего времени научно-техническая политика страны формировалась исходя из следующих положений:

- переход к ресурсоориентированной экономике,
- следование законам свободного рынка,
- интеграция в мировое научно-технологическое пространство путем копирования западных институтов для организации исследований и разработок без учета положительного отечественного опыта.

При этом не учитывались следующие обстоятельства.

Во-первых, модель свободного рынка – это такой же идеал, как вечный двигатель. Сегодня ни в одном государстве мира не существует рынка без государственного воздействия. Вопрос заключается в масштабах этого воздействия. Как заметил нобелевский лауреат по экономике Д. Стиглиц, *«истина в том, что большинство частных ошибок сводится к одной системной: к заблуждению, что рынки способны к саморегулированию»* [8].

Во-вторых, на зарубежных рынках Россия не рассматривалась как технологический лидер и ей отводилась роль не лидера, а сателлита, поставщика ресурсов, в том числе кадровых.

В-третьих, согласно институциональной теории, перенос институтов возможен только с потерей качества.

Мировой опыт показывает, что к настоящему времени уже исчерпаны и возможности свободного рынка, и потенциал исключительно административного управления научно-технологическим развитием. Поэтому речь должна идти о новых формах взаимодействия государства, бизнеса, общества и науки.

Задача достижения технологического лидерства была сформулирована президентом России В.В. Путиным. Вхождение в число стран – технологических лидеров возможно только при обеспечении технологического суверенитета, под которым будем понимать *способность экономики самостоятельно выпускать высокотехнологичную продукцию, необходимую для решения стратегических задач развития страны, формировать глобальные рынки высокотехнологичной продукции и занимать на них доминирующие позиции*. При этом выпускаемая продукция должна удовлетворять критериям технологического суверенитета, определенным Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2023 г. № 603.

С учетом российского исторического опыта решение поставленных задач вполне реально в обозримые сроки при условии позиционирования науки как системообразующего института развития, её ориентации на решение проблем социально-экономического развития страны, прежде всего на повышение качества жизни и обеспечение обороны и безопасности, отказ от копирования зарубежного опыта организации научных исследований и разработок.

При этом политический вектор должен быть направлен на воссоздание на новом уровне отечественного высокотехнологичного научно-промышленного комплекса, базирующегося на собственной фундаментальной науке, природных ресурсах и высокоинтеллектуальном человеческом потенциале, при разумном использовании имеющегося зарубежного опыта и научных результатов. Ключевым условием является переход от реформ научно-технологического комплекса и системы образования по зарубежным лекалам к развитию на основе собственных конкурентных преимуществ.

«От реформ к развитию» – это основная идея предлагаемой книги.

I. Технологический фундамент глобальных трансформаций

1.1. Наука и технологии как базовые факторы развития

Мы мчимся к полностью иной структуре власти, которая создает мир, разделенный не на две, а на три четко определенные, контрастирующие и конкурентные цивилизации.

Первую из них символизирует мотыга, вторую – сборочная линия, третью – компьютер.

Э. Тоффлер

1.1.1. Этапы технологического развития

История развития человечества неразрывно связана с научно-технологическим прогрессом. По мере накопления знаний и создания на их основе технологий и продукции меняются культура, общественно-экономические отношения, трансформируются государства, создаются международные политические, экономические и военные структуры. Функциональную схему развития можно представить следующим образом: получение новых знаний (фундаментальная наука) – их освоение (образование) – создание новых технологий и продукции – трансформация системы общественно-экономических и политических отношений. Следует также отметить, что если новые знания и научно-технологическое развитие формирует новую культуру общества, то верно и обратное – культура общества формирует запрос на новые технологии (рис. 1.1.1).



Рис. 1.1.1. Функциональная пирамида

При этом явно выделяются следующие этапы развития, каждый из которых носит глобальный характер: выживание, освоение территорий, технологическое развитие, экономический рост, повышение качества жизни.

Процессы глобальных трансформаций происходят на фоне научно-технологического прогресса. Судить об уровне развития в конкретный исторический период можно по набору технологий – технологическому укладу [1].

Новые знания и технологии приводят к новым способам организации производства, созданию качественно новых видов продукции, а следовательно, к созданию новых рынков. Технологические прорывы могут приводить к формированию новой системы социально-экономических отношений. Так, например, считается общепризнанным, что первая промышленная революция (табл. 1.1.1), произошедшая в результате изобретения паровой машины, дала импульс к переходу к капиталистическим формам взаимоотношений.

Последующие II, III и IV промышленные революции [2, 3, 4] открывали новые возможности для создания новых технологий, направленных на обеспечение жизнедеятельности человека. Промышленные революции, обусловленные развитием возобновляемой энергетики и цифровых технологий, создали предпосылки гуманитарно-технологической революции (ГТР) [5, 6, 7, 8], суть которой заключается в синхронном развитии науки, технологий и культуры в целях удовлетворения потребностей человека, в формировании дружелюбной среды обитания человека. При этом и развитие технологий, и экономика направлены на решение главной задачи – повышение качества жизни.

В результате ГТР сформируется новый мировой уклад, в котором лидирующие позиции займут страны, обладающие наивысшим интеллектуальным потенциалом, собственной наукоемкой промышленностью, способной опера-

Таблица 1.1.1. Научно-промышленные революции

Период	Базовая технология	Распределение энергии	Топливо/технологии
Конец XVIII – начало XX	Паровая машина	Локальные источники энергии	Природное сырье с минимальной переработкой
Конец XIX – начало XX	ДВС+электричество	Производство Сеть Потребление	Природные энергоносители/промышленная переработка
Конец XX	ВИЭ+ИКТ	Производство Потребление Сеть	Силы природы/ высокотехнологичные преобразователи
Начало XXI	Цифровая платформа	SMART GRID	Электрическая энергия
Гуманитарно-технологическая революция			
После 2009 года	NBICS	SMART GRID	Электрическая энергия

тивно превращать результаты фундаментальных научных исследований в новые технологии, товары и услуги. На этой основе будут обеспечены высокие темпы роста качества жизни, а также необходимый уровень обороны и безопасности.

Страны, претендующие на полноправное присутствие в числе глобальных лидеров, должны проводить системную государственную социально ориентированную научно-техническую политику, основанную на синергетическом взаимодействии государства, общества, науки и бизнеса.

1.1.2. Законы научно-технологического развития

Научно-промышленный комплекс (НПК) является основным институтом, обеспечивающим устойчивое развитие государства, его суверенитет, конкурентоспособность, безопасность. Устойчивость и эффективность функционирования НПК зависят от уровня организации взаимодействия науки и реального сектора экономики. В государствах, развивающихся по инновационной траектории, механизмы этого взаимодействия формируются на основе принципа инновационного дуализма [9]:

- состояние бизнеса в стратегической перспективе зависит от современного состояния фундаментальной науки;
- современное состояние фундаментальной науки зависит от стратегического видения бизнесом своих перспектив.

При этом реализуется следующая обобщенная модель функционирования:

- *Бизнес* (производство, услуги) — работает на сегодняшний день;
- *Прикладная наука* (технологии) — на завтрашний, т. е. сегодня будут созданы технологии, которые бизнес сможет использовать только завтра;
- *Фундаментальная наука* (знания) — на послезавтрашний, т. е. сегодня будут получены те знания, на основе которых завтра будут созданы технологии, а послезавтра — новая продукция.

Траектория научно-технологического развития определяется четырьмя базовыми законами [10].

1. Коммерческая ценность результатов фундаментальных научных исследований постоянно повышается.

Существует устойчивое мнение, что фундаментальная наука некоммерциализуема. Этот тезис постоянно используется при решении вопросов, связанных с финансированием фундаментальных научных исследований, особенно когда речь идет о выделении бюджетных средств.

На самом деле картина выглядит следующим образом. Так, например, основу проектирования и функционирования всех без исключения физических конструкций составляют фундаментальные законы механики И. Ньютона. По-видимому, с учетом масштабов использования этих законов их реальную стоимость оценить невозможно. Это же относится и к открытиям в области

электричества, термодинамики, лазеров, гетерогенных структур, которые создали базу для разработки качественно новой продукции, изменили не только образ жизни, но и среду обитания человечества.

Особую роль играют общественно-гуманитарные исследования, поскольку именно на этой основе строится политика государства, вырабатывается стратегия развития. Также фундаментальная наука является основой современного образования и культуры. Очевидно, что происходящие глобальные трансформации существенно меняют культуру и систему образования, поскольку для обеспечения личной успешности в жизни человеку необходимо обладать широким кругозором и умением ориентироваться в быстро меняющейся обстановке. А это достигается исключительно за счет фундаментального образования.

Всё современное образование построено на результатах фундаментальных научных исследований. Отсюда следует, что глобальный бюджет образования есть не что иное, как отражение коммерческой ценности фундаментальной науки. Иначе говоря, фундаментальная наука себя окупилась на безграничный период времени.

Следовательно, основу развития составляют фундаментальные научные знания, на основе которых создаются новые технологии, развивается образование, формируется культура, вырабатывается стратегия развития государства (рис. 1.1.1). Мировой опыт показывает, что лидеры в фундаментальных исследованиях являются также технологическими лидерами, формирующими новые рынки и диктующими правила поведения на них. Перефразируя известный тезис, можно сказать: *государство, которое не хочет кормить собственную науку, — будет кормить чужую.*

2. Стоимость технологий и наукоёмкой продукции постоянно снижается.

Этот закон вытекает из того факта, что появление на рынке массовой продукции снижает её цену. Первым это понял Г. Форд, который сумел создать массовый дешёвый автомобиль, в то время как его конкуренты ориентировались только на обеспеченных граждан.

3. Технологии не могут противоречить законам природы.

В основе любой технологии лежит фундаментальный научный результат, который в свою очередь отражает фундаментальный закон природы. Любая вновь созданная технология должна пройти проверку на соответствие основным фундаментальным законам, например законам сохранения энергии, массы, импульса и т. д.

4. Распространение знаний и технологий не имеет границ.

Законы развития природы, человека и общества — а именно это является предметом фундаментальных научных исследований — действуют на всём глобальном пространстве. Но для их познания должны быть созданы соответствующие условия.

1.1.3. Информация как глобальный институт развития

Информация является неотъемлемой частью среды обитания человека. От умения собирать информацию, обрабатывать и использовать зависит собственно существование как отдельного индивида, так и всего человечества.

Аналогично обстоят дела и с цифровой интерпретацией информации, что само по себе представляет универсальный язык общения. Не будет преувеличением сказать, что собственно цифровые технологии существуют столько же, сколько и само человечества. Но цифровое отображение является только одним из возможных способов представления информации.

Объективной тенденцией развития является все возрастающий объем информации, который человеку необходимо воспринять и проанализировать. Цифровые технологии сегодня являются неотъемлемым атрибутом жизни и одним из инструментов обеспечения жизнедеятельности.

Современного уровня развития цифровых технологий и техники удалось достичь благодаря фундаментальным научным открытиям и технологическим прорывам в области философии, математики, новых материалов, энергетики. Интенсивное развитие вычислительной техники в середине прошлого века уже тогда позволило говорить о грядущей технологической революции, основные направления которой были сформулированы Н. Винером [2]. Им же были сформулированы и основные требования к цифровым вычислительным системам, которые составляют основу современных информационно-коммуникационных систем.

1. Системы должны быть цифровыми, а не аналоговыми.
2. Их элементная база должна состоять из электронных элементов.
3. Должна использоваться двоичная система счисления.
4. Последовательность действий должна планироваться самой машиной таким образом, чтобы исключить вмешательство человека в процесс решения задачи до получения конечного результата.
5. Машина должна иметь систему хранения информации, выдачи ее пользователю и стирания при определенных условиях.

Современная ситуация в основном подтвердила правильность оценок, а также утверждение К. Шваба: *«...существующий уровень управления и осознания текущих изменений по всем областям крайне низок в сравнении с необходимостью переосмысления экономических, социальных и политических систем, чтобы ответить на все вызовы четвертой промышленной революции»* [4].

Следует отметить, что к настоящему времени еще не изучены последствия широкого распространения информационных технологий. Однако уже сейчас можно выделить некоторые риски и угрозы, в том числе:

- снижение уровня защищённости человека в результате тотального цифрового контроля,
- появление новых видов преступности,

- стратификация образования и культуры,
- снижение роли демократических механизмов.

Из теории управления известно, что наблюдаемость системы является важнейшим условием ее управляемости, т.е. эффективность бизнеса во многом определяется возможностью получения полной информации о состоянии рынка. С этой точки зрения задача развития бизнеса сводится к взятию под контроль основных потребителей товаров и услуг — человека и государства.

Что касается государства, то эта задача решается параллельно двумя путями. Прежде всего, в соответствии с либеральной идеологией, государство должно уйти из экономики. В этом случае с рынка уходит главный конкурент — государство. При этом все экономические рычаги управления оказываются в руках бизнеса, а в глобальном измерении — в руках транснациональных корпораций. Естественно, что в таких условиях ни о каком свободном рынке речи не идет, а по сути, происходит раздел мира на сферы влияния между глобальными бизнес-структурами.

Второй путь — приход бизнеса во власть. В этом случае финансовые, административные, юридические и информационные ресурсы концентрируются в одном центре, что исключает конкуренцию бизнеса и государства.

Что же касается человека, то задача бизнеса сводится к тому, чтобы сформировать потребительские запросы в направлениях, обеспечивающих максимальную прибыль. Иначе говоря, «*продать покупателю не то, что ему хочется, а то, что ему надо*». Но для этого надо, во-первых, понимать действительные потребности человека, а во-вторых, оказывать влияние на формирование новых потребностей путем проведения активных системных мероприятий по повышению заинтересованности и спроса. И с этой точки зрения информационные технологии представляют практически неограниченные возможности.

В новой реальности информацию следует рассматривать как системообразующий институт нового мирового уклада, как основной интегрирующий институт. Таким образом, информация превращается из ресурса в инструмент управления, что уже наблюдалось на примере денег. Тезис «кто владеет информацией, тот владеет миром» получает новое практическое значение.

Рассмотрим в общем виде возможные предельные сценарии формирования нового мирового уклада.

Монополия на информацию принадлежит политической власти. В этом случае развитие пойдет по жестко заданным алгоритмам, будет осуществлен тотальный контроль над обществом и бизнесом, что, как известно из практики, в итоге приведет к торможению развития и распаду системы.

Монополия на информацию принадлежит бизнесу. В этом случае бизнес через влияние на общество будет формировать общественный заказ, в том числе на власть и новые потребности. Но при этом надо учитывать, что «*исторический капитализм — это социальная система, в которой именно те, кто действует*

по её правилам, оказывают решающее влияние на социальное целое и задают некие условия. Это такая социальная система, в которой поле действия этих правил (закон стоимости) увеличивалось; те, кто навязывал эти правила, становились все менее склонны к социальному компромиссу; эти правила все более и глубже проникали в социальную ткань, несмотря на то что общественное противодействие им становилось все сильнее и организованнее» [11].

В итоге реализации этого сценария произойдет передел существующей системы глобального взаимодействия, в результате которого власть от политических структур и системы международных отношений перейдет к транснациональным финансово-промышленным альянсам. При этом государства, хотя формально сохраняют свои границы и государственные институты, по факту будут полностью зависеть от этих альянсов. Система образования, воспитания, распределения благ сформирует новую многоуровневую глобальную социальную структуру с высокими барьерами межуровневых переходов.

Ориентация на финансовую прибыль, прежде всего за счет финансовых спекуляций, приведет к возникновению неравенства как внутри отдельной страны, так и на глобальном пространстве [12, 13, 14], а также к эскалации политических, экономических кризисов и военных конфликтов. При этом нельзя исключить возможности глобального конфликта с использованием ядерного оружия в силу расширения доступа к этим вооружениям.

Монополия на информацию принадлежит обществу. В этом случае общество формирует собственно заказ на дальнейшее развитие, а также создает условия для его выполнения. Однако, как показывает исторический опыт, в настоящее время отсутствуют механизмы эффективного контроля власти и бизнеса со стороны общества. Научные подходы к решению этой проблемы также не разработаны.

1.1.4. Новая среда обитания человека и экология технологий

Всё меньше – окружающей природы.

Всё больше – окружающей среды.

Р. Рождественский

Технологии не только обеспечивают жизнедеятельность, не только оказывают влияние на общественно-экономические отношения, но и активно изменяют среду обитания человека. При этом необходимо рассматривать два типа технологического влияния. Первый тип — это влияние, которое оказывается в процессе эксплуатации технических систем. Так, например, работа в штатном режиме крупной энергетической системы оказывает прогнозируемое влияние на окружающую среду.

Ко второму типу относятся аварийные ситуации, которые даже на одном отдельно взятом объекте (электростанция, химическое производство и т. д.)

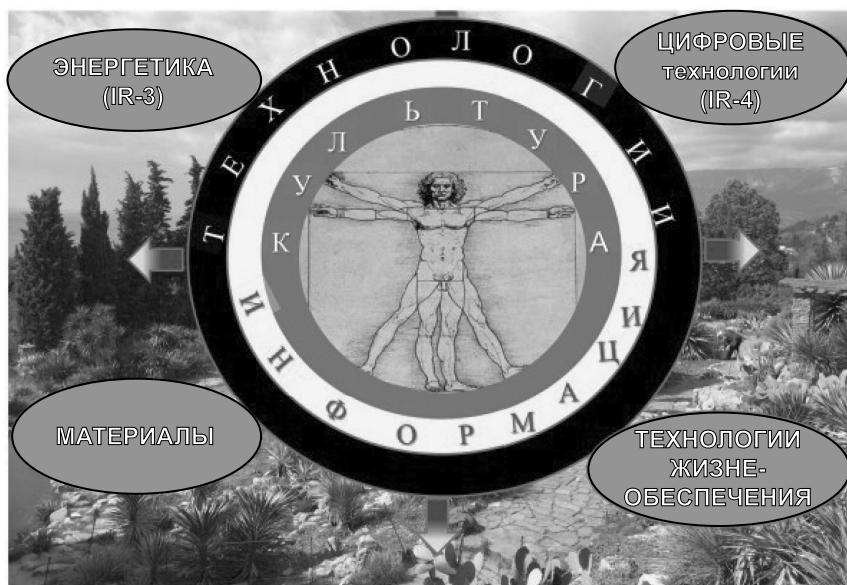


Рис. 1.1.2. Новая среда обитания человека

могут привести к значительным локальным, а при стечении неблагоприятных факторов – к глобальным экологическим последствиям. Сюда же относятся последствия испытаний различных видов высокоэнергетического оружия, прежде всего атомного. При этом отметим, что с увеличением мощности энергетических и промышленных установок существенно возрастают риски крупных техногенных аварий.

В общем виде среду обитания человека необходимо рассматривать как систему «природа – технологии – информация – культура» (рис. 1.1.2). Основу технологического пространства составят технологии энергетики, материаловедения, жизнеобеспечения, информационные технологии. При этом технологическое пространство как составная часть среды обитания человека обеспечивает необходимые условия для повышения качества жизни, но при определенных условиях оказывает негативное влияние как на окружающую среду, так и на человека. В связи с этим на первый план выходит проблема технологической безопасности – экологии технологий [9, 15].

Как уже отмечалось, технологическое развитие только тогда даст положительный эффект, когда в его основе будет лежать соответствующий рост общей культуры населения, обусловленный современным образованием и воспитанием. Современная система образования, наряду с другими задачами, должна не только способствовать созданию новых технологий на базе новейших достижений фундаментальной науки, но и обеспечивать культуру



специалистов, необходимую для безопасной эксплуатации современных технических систем. Д. Гэлбрейт [16] рассматривал грядущие изменения в неразрывной связи с качественными изменениями в системе образования: «... наука, техника и организация предъявляют новые требования к учебным заведениям...» Именно культурно-технологический разрыв стал причиной крупнейших техногенных катастроф, сопровождавшихся человеческими жертвами и оказавших влияние на окружающую среду.

Исходя из этого, сформулирован первый постулат экологии технологий: *применение технологий, не соответствующих уровню культурного развития, приводит к катастрофам.*

Неконтролируемое создание, а тем более распространение технологий может привести не только к решению проблемы повышения качества жизни, но и к обратному результату. Это является следствием естественных ограничений, которые при выходе за установленные параметры либо прекращают действие технологий, либо создают эффект, отличающийся от заявленного, что представляет угрозу ввиду неопределенности последствий. Таким образом, при оценке последствий применения технологий необходимо учитывать, что в определенных ситуациях может быть получен эффект, не предусмотренный при разработке.

Второй постулат экологии технологий формулируется следующим образом: *любая даже самая прогрессивная и социально направленная технология имеет пределы своего применения, при переходе через которые она может нанести ущерб, сопоставимый с положительным эффектом.*

События последних лет показывают, что в настоящее время стирается грань между гражданскими и военными технологиями. Так, например, для атаки на башни Всемирного торгового центра в Нью-Йорке (США) 11 сентября 2001 года в качестве боевых ракет террористами использовались гражданские самолёты. В последнее время резко повысилась террористическая активность, связанная с информационными технологиями, и этот перечень можно продолжить. Представляется, что потенциальные совокупные потери от неконтролируемого использования таких технологий могут превысить ущерб, наносимый вооруженными конфликтами.

Третий постулат экологии технологий формулируется следующим образом: *любая технология, созданная для гражданского применения, может быть использована в военных и террористических целях.*

Заметим, что если придерживаться подхода Д.С. Лихачева, то современная экология будет содержать три взаимосвязанных раздела: экология биологическая, экология культурная (или нравственная) и экология технологий.

Проблема обеспечения безопасности технологий и продукции не может быть решена без участия общества, которое возможно только в случае наличия доступной информации. Однако эта информация в большинстве случаев является закрытой, поскольку обеспечивает конкурентоспособность бизнеса. В этом плане налицо противоречие, которое требует разрешения.

Сформулируем базовые принципы экологии технологий.

1. *Принцип культурного соответствия*: разрабатываемая технология должна соответствовать культурному и профессиональному уровню, обеспечивающему её безопасное использование.
2. *Принцип допустимого ущерба*: риск ущерба от применения конкретной технологии как самостоятельно, так и в совокупности с другими технологиями не должен превышать величины приемлемого риска для гражданского населения.
3. *Принцип защиты от нештатных ситуаций*: для каждой технологии должны быть разработаны механизмы ликвидации негативных последствий, которые могут возникнуть в случае нештатных ситуаций, связанных с неправильным использованием данной технологии или выявлением не изученных ранее последствий использования.
4. *Принцип замещения технологий*: каждая технология имеет определенный период жизни, по истечении которого она устаревает и не вписывается в технологическое пространство и создает угрозы для безопасности.
5. *Принцип открытости технологий*: потребитель должен быть осведомлен об основных параметрах технологии и пределах её допустимого использования.
6. *Принцип устойчивости технологий*: отклонения от технологического процесса не должны приводить к выпуску продукции, не отвечающей заданным параметрам.

1.1.5. Глобализация 4.0 t (технологическая)

Доминирующей политологической парадигмой в настоящее время является тезис о глобализации, превращение существующего однополярного мирового порядка в многополярный. Представляется, что это действительно так, когда речь идет о политической или финансово-экономической глобализации².

Кроме того, необходимо отметить, что в настоящее время отсутствует общепринятое определение понятия «глобализация». В дальнейшем под этим термином будем понимать «*процесс формирования единой системы функционирования природных, социальных, экономических и технологических систем в масштабах планеты*».

Трансформацию мировых укладов XVII–XXI вв. можно представить следующим образом: религия – абсолютизм – капитализм как служение – капитализм как механизм бесконечного накопления капитала – информация как инструмент управления.

² Хотя и здесь есть некоторые допущения. Вряд ли миропорядок, существующий до начала текущего десятилетия, можно называть однополярным, поскольку при таком состоянии вряд ли, например, Китай мог бы вырваться в мировые экономические и технологические лидеры.

Распад социалистической системы стимулировал процесс экономической глобализации и формирования однополярного мира с единым центром глобального управления с использованием экономических и военных механизмов. Это привело к существенному снижению авторитета международных политических институтов, прежде всего ООН, и стимулировало каскад региональных военных конфликтов. Таким образом были запущены процессы глобальной политической неустойчивости. Локальные политические и экономические кризисы, военные конфликты начала XXI века приобрели системный характер, что может при определённых условиях привести к глобальному кризису.

В настоящее время человечество выходит на новый этап развития, что требует ответов на три глобальных вызова [7, 17].

1. Гуманитарно-технологическая революция, в результате которой сформируется новый мировой уклад.
2. Трансформация среды обитания человека, которая должна рассматриваться как система биология – технология – информация – культура.
3. Изменение социально-экономической парадигмы от «человек для экономики» к «экономика для человека».

Сегодня на первое место выходят не столько экономические, сколько системные гуманитарные и технологические проблемы. Будущее определится тем, как они будут решаться в ближайшие десятилетия.

Ключевым вопросом формирования нового мирового уклада становится достижение консенсуса между обществом – властью – наукой – бизнесом – информацией.

Будем исходить из того, что перспективная траектория глобализации определяется темпами и направлениями научно-технологического развития. Именно поэтому текущий этап глобализации может быть определен как Глобализация 4.0t (технологическая) [18].

Технологическая глобализация уверенно потеснила глобализацию экономическую, поскольку в основе научно-технологического прогресса лежат объективные законы. Следует также отметить, что создание и распространение новых технологий меньше подвержено внешнему регулированию, чем экономическая деятельность. Так, например, если в 1950 г. только две страны имели ядерное оружие (США и СССР), то в настоящее время, несмотря на принятые международные акты, направленные на нераспространение ядерного оружия, в «ядерном клубе» насчитывается по крайней мере 10 стран.

Вследствие высоких темпов распространения новых технологий главным объектом конкуренции на глобальном пространстве становится человеческий потенциал. Это обусловлено тем обстоятельством, что именно человек является единственным генератором прорывных идей, которые в дальнейшем находят свое практическое применение. Поэтому государство, обладающее наилучшим человеческим потенциалом, имеет бесспорное преимущество, поскольку может создавать передовые технологии.

Новые технологии всегда были инструментом мировой политики. Страна может иметь сколь угодно высокие темпы экономического роста, но на мировом пространстве лидирующие позиции всегда будут занимать государства (или межгосударственные альянсы), имеющие наиболее развитые фундаментальную науку, научно-технологический потенциал, систему образования и наукоемкую промышленность. Это обеспечивает суверенитет и глобальную конкурентоспособность за счет высокого качества жизни и обладания новейшими вооружениями. Последнее позволяет не только проводить независимую политику, но и в ряде случаев определять правила игры на мировом пространстве.

Но все это будет реализуемо только при условии возможности государства самостоятельно разрабатывать высокотехнологичную продукцию для обеспечения собственных нужд и достижения стратегических целей. А это есть не что иное, как технологический суверенитет.

1.2. Развитие компьютерного пространства – ключ к технологическому суверенитету России

1.2.1. Самоорганизация и главный противник России

Не верю клятвам или заверениям со ссылкой на так называемый гуманизм. Единственным оружием против одной технологии является другая технология.

С. Лем «Сумма технологий»

Уровень общества в современном мире определяется технологиями (промышленными, экологическими, медицинскими, образовательными, научными), которыми оно владеет. Это результат *самоорганизации* – формирования упорядоченности, коллективных действий, направленных на решение задачи, без каких-либо указаний извне. Ключевые достижения нашей цивилизации можно рассматривать как создание инструментов, облегчающих самоорганизацию и совместные действия людей. Здесь и формирование навыков групповых усилий для охоты и защиты, речь, письменность, усилия общества, приводящие к формированию законов, рынок, литература, книгопечатание, радио, телевидение, компьютерные социальные сети.

Ясное понимание этого пришло в 1970-е гг. вместе с появлением *теории самоорганизации* или *синергетики*. Последний термин, введенный физиком-теоретиком Германом Хакеном, происходит от греческих слов, обозначающих совместное действие. Наше преимущество по сравнению с другими биологическими видами в том, что мы, благодаря самоорганизации, научились передавать знания о жизнеспасающих технологиях в пространстве (из региона в регион) и во времени (от поколения к поколению). На наших глазах

многое изменилось, и предстоящие перемены, вероятно, будут ещё более радикальными.

Чтобы жить дольше и лучше, человек создал *техносферу* – искусственную среду обитания с её заводами, домами, магистралями, одеждой и многим другим творениями людей. Её иногда называют *второй природой*. На наших глазах формируется и развивается компьютерное пространство, которое можно назвать *третьей природой*. Это пространство кардинально меняет технологии и масштабы социальной самоорганизации. Например, число пользователей сети Instagram в 2025 г. превысило 3 млрд. При этом за жизнью отдельных лиц может следить огромное количество людей. Например, более 665 млн следят за аккаунтом футболиста Криштиана Роналду.

Третья природа преобразила вторую и изменила место человека в мире. Поражает разнообразие применений компьютеров – автоматизация производства, новые системы вооружений, связь, замена библиотек, концертных залов, средств массовой информации (СМИ), переводчиков, научные исследования, рынки, растущая роль в образовании и спорте. Третью природу можно сравнить с нервной системой современного общества. По оценке основателя и руководителя Давосского экономического форума Клауса Шваба, в настоящее время происходит четвертая промышленная революция, неразрывно связанная с применением и развитием компьютерных систем: «...я считаю, что сегодня мы стоим у истоков четвертой промышленной революции. Она началась на рубеже нового тысячелетия и опирается на цифровую революцию. Её основные черты – это «вездесущий» и мобильный Интернет, миниатюрные производственные устройства (которые постоянно дешевеют), искусственный интеллект и обучающиеся машины» [4: 16].

В настоящее время произошла революция в сфере искусственного интеллекта. Опираясь на теорию самоорганизации, инженеры создали так называемые нейронные сети, которые преуспели в распознавании образов (выявление больных на основе данных анализов, перевод текста на сотню языков, выявление траектории одного человека из многих миллионов людей по данным видеонаблюдения и т. д.). Были созданы методы, алгоритмы, подходы, позволяющие таким машинам «учить друг друга», меняя связи между элементами своей сети. По ходу обучения или игр с себе подобными происходит самоорганизация элементов сети. Обученные таким образом машины, «не зная» партий, сыгранных людьми, «научились» играть в го, не говоря уже о шахматах и шашках, на уровне, превосходящем возможности самых сильных игроков среди людей. По оценке одного из ведущих специалистов по искусственному интеллекту Кай-Фу Ли, через 10–15 лет *половина* работающих в США останется без того дела, которым занимается сейчас. Их заменят компьютеры и системы искусственного интеллекта. Очевидно, это приведет к очень глубоким социальным переменам [19].

Отдавая должное исследованию деталей цивилизационного развития, заметим, что в XXI в. ученым, политикам, инженерам, военным, руководи-

телям всё в большей степени становится очевидным такой концепт, как *технологический императив развития цивилизации*. Владение набором ключевых технологий определяет возможности сотрудничества и соперничества данной цивилизации с другими. На этот императив обращает особое внимание президент в Послании Федеральному Собранию 01.03.2018: «Дело в том, что скорость технологических изменений нарастает стремительно, идет резко вверх. Тот, кто использует эту технологическую волну, вырвется далеко вперед. Тех, кто не сможет этого сделать, она, эта волна, просто захлестнёт, утопит. Технологическое отставание, зависимость означает снижение безопасности и экономических возможностей страны, а в результате – потерю суверенитета. Именно так, а не иначе обстоит дело» [20].

Один из путей, которые Запад в течение многих лет навязывал миру, связан с *глобализацией*. Под этим американские элиты и поддерживающие их силы понимали *процесс всемирной экономической, политической, культурной унификации и создание условий для беспрепятственного движения через государственные границы идей, людей, капиталов, информации, технологий, товаров*.

При таком понимании глобализации страны, или имеющие малую долю прибавочного продукта, или не обладающие промышленностью, необходимой для переработки собственных ресурсов, или не способные защищать свои национальные интересы с помощью военной силы, оказываются в проигрышном положении. К странам, находящимся в проигрыше, при западном варианте экономической интеграции относится и Россия, расположенная в экстремальной географической зоне. Значительная часть нашей страны лежит в холодной, по мировым меркам, области. Это означает высокую стоимость капитального строительства, основных фондов, большие энергетические затраты на обогрев жилья и производства и дорогую рабочую силу, требующую теплой одежды, обогреваемых домов и полноценного питания. Отсюда следует вывод, иногда называемый теоремой Паршева: *«Поэтому в условиях свободного перемещения капитала ни один инвестор, ни наш, ни зарубежный, не будет вкладывать средства в развитие практически ни одного производства на территории России... Никаких инвестиций в нашу промышленность нет и не будет. То есть каждый буржуй понимает, что значительная часть его денег, вложенная в российскую промышленность, будет истрачена просто на борьбу с неблагоприятными условиями, без всякой пользы для конечного продукта»* [21: 95].

Отсюда следует несколько выводов.

В долгосрочной перспективе в международной торговле Россия должна участвовать с продукцией высоких технологий. Мы должны делать и продавать то, что не умеют производить другие.

Третья природа, компьютерное пространство, которое сейчас создается и развивается, имеет для нашей страны особое значение. Это огромное пространство самоорганизации, поле для творчества нашего народа, возможность быстро и существенно улучшить нашу реальность.

Наглядным примером возможностей такого развития является превращение Китая в сверхдержаву искусственного интеллекта. В 2022 г. на разработку систем искусственного интеллекта в России тратилось в 350 раз меньше, чем в Китае. Очевидно, выход на передовые рубежи в мире требует многократного увеличения вложений в эту область в нашей стране.

1.2.2. От Пифагора до математической промышленности

Если мы не можем создать желаемые структуры в данной среде, то надо менять среду.

С. П. Курдюмов

К нынешнему прорыву вычислительной техники и прикладной математики, сделавшему их стратегическим ресурсом стран, блоков, цивилизаций, имеет прямое отношение несколько исторических вех.

В 1673 г. математик, философ, мыслитель Готфрид Лейбниц разработал устройство, на котором можно было умножать и делить. Это изобретение его вдохновило, и он предсказал, что «читающие машины» будут настолько информированными, объективными и беспристрастными, что смогут судить людей. Именно эта мечта классика и воплощается сейчас в системах *социального рейтингования*, использующих искусственный интеллект. В подобных устройствах на основе заданных разработчиками критериев обрабатываются массивы данных, содержащих сведения о данном человеке (письма, разговоры, перемещения, социальная активность и т. д.). После этого компьютер вырабатывает рекомендации о том, как наказать или, напротив, поощрить этого человека. При таком подходе электронное устройство стоит над законами, принимавшими людьми.

В XVII в. Исааком Ньютоном (1642–1727) были заложены *основы математического моделирования*. Под моделью здесь понимается *математическая конструкция, отражающая свойства реального объекта таким образом, что исследование модели позволяет получить новые знания об изучаемом объекте, прогнозировать его поведение или более эффективно управлять им*.

Модель является упрощенным, приближенным описанием реальности, обычно учитывающим только наиболее важные причинно-следственные связи. Во многих случаях это дает возможность описывать сложные процессы просто и позволяет понять изучаемые процессы.

Обратим внимание на количественные характеристики, связанные с развитием вычислительных машин. В 1965 г. один из основателей компании Intel Гордон Мур вывел эмпирическое правило, в соответствии с которым количество элементов на микросхемах (а с ним и быстродействие ЭВМ, поскольку время прохождения сигналов от элемента к элементу при сокращении размеров уменьшается) Q увеличивается по формуле $Q \sim 2^{t/\tau}$, где $\tau = 2$ года.

Выполнение этого закона в течение десятилетий (см. рис. 1.2.1) привело к тому, что быстродействие современных суперкомпьютеров в 10^{18} раз опережает производительность первых вычислительных машин. При этом стоимость каждой операции уменьшается. Использование компьютеров становится всё более дешевым. Обсуждаемое правило, часто называемое *первым законом Мура*, описывающее рост в режиме геометрической прогрессии, связано с изменением функций вычислительных машин, со стремительным ростом их «экологической ниши».

В настоящее время в мире работает более 6,2 млрд компьютеров – практически у каждого есть свой компьютер. Революционным шагом стало создание и развитие Интернета – коммуникационной сети и всемирной системы компьютерных сетей для хранения и передачи информации.

К началу 2023 г. на основе Интернета работает Всемирная паутина (World Wide Web, WWW) и ряд других систем передачи данных, число пользователей которых превысило 5,16 млрд чел. – 64,4% населения Земли. Это обусловлено широким распространением сотовых систем с доступом в Интернет стандартов 3G, 4G, 5G (здесь G – поколение и речь идет о беспроводных сетях, построенных на технологиях беспроводной связи 3-го, 4-го, 5-го поколения).

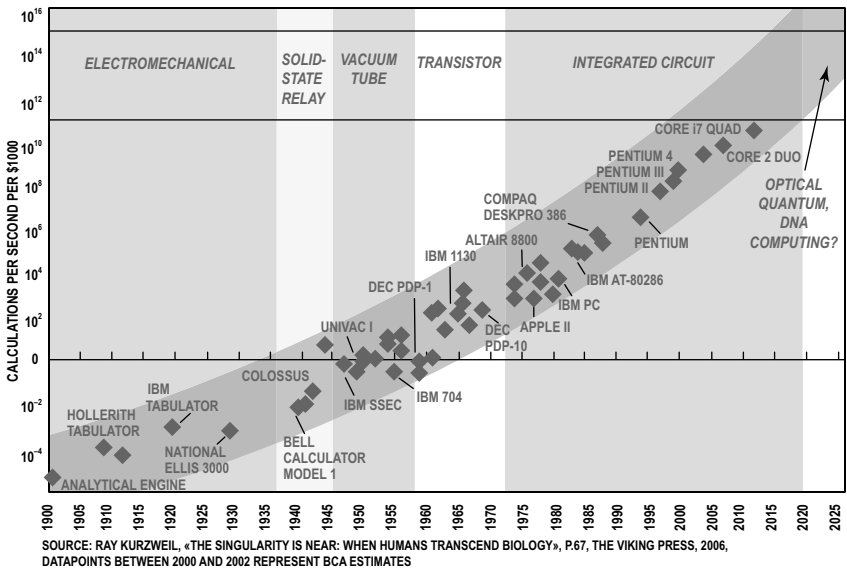


Рис. 1.2.1. График, иллюстрирующий закон Мура.

Абсцисса – время, ордината – число операций, которое компьютеры производили за \$1 тыс.

Закон Сарнова был сформулирован с появлением радио- и телесетей в начале XX в., когда вещание на многочисленные приемники шло от немногих радиостанций: «Ценность вещания сетей прямо пропорциональна числу их слушателей и зрителей»: $P \sim N$, где P – ценность, N – число зрителей.

Закон Меткалфа определяет рост ценности сети при наличии связи между её узлами: $P \sim N^2$.

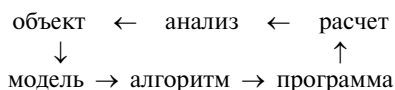
Закон Рида утверждает, что ценность сети возрастает экспоненциально, если внутри них возможно образование произвольных групп, обменивающихся информацией друг с другом: $P \sim \exp(N)$.

Интернет изменил законы самоорганизации общества. Мы перешли от закона Сарнова к закону Рида.

До Второй мировой войны теоретическая математика была уделом академических ученых, а прикладная обеспечивала прежде всего инженерные расчеты на доступном тогда уровне. Технологический прогресс и Вторая мировая война кардинально изменили ситуацию. Стратегические возможности страны начали определяться дорогами масштабными высокотехнологичными проектами, межконтинентальными баллистическими ракетами и надежными шифрами. В ответ на эти потребности самым активным образом начала развиваться прикладная математика.

Первые машины показали, что наряду с теоретическим анализом и экспериментом возможна ещё одна технология научных исследований – *вычислительный эксперимент*. Во многих случаях нам понятны уравнения, описывающие те или иные явления, однако эти уравнения слишком сложны, чтобы их можно было решить с помощью карандаша и бумаги, а вычислений слишком много для арифмометра. В этом случае для расчетов нужно использовать вычислительную машину.

Возник цикл:



Успехи в моделировании сложных процессов в 1950-х гг. привели к желанию описывать многие другие явления и в интересах национальной безопасности, и в экономике. Кроме того, открылись перспективы для автоматизации многих процессов. Наконец, компьютеры могут играть огромную роль в управлении в целом и в промышленности в частности.

Стоит обратить внимание и на глобальную спутниковую систему Starlink, разворачиваемую компанией SpaceX для обеспечения высокоскоростным широкополосным спутниковым доступом в Интернет там, где он был ненадежным, дорогим или полностью недоступным. Запланирован запуск 12–14 тыс. спутников (уже запущено более 5 тыс. спутников) массы 227–260 кг с ожидаемым сроком службы каждого 510 лет. Высота орбит – от 340 до 614 км.

Система заработала в 2018 г., а в мае 2023 г. число её абонентов превысило 1,5 млн. С 2022 г. Starlink применяется вооруженными силами Украины для связи между подразделениями и наведения оружия, дронов и артиллерии.

Но не начнет ли вскоре работать второй закон Мура, в соответствии с которым первый рано или поздно перестанет действовать? Судя по всему, мы близки к этой поворотной точке. Среди множества аргументов обратим внимание на три.

Экономическая причина. Переход к следующему уровню миниатюризации уже требует затрат в десятки миллиардов долларов и огромных инженерных и научных усилий. При этом он не дает нового качества, за которое миллиарды людей готовы платить. То, что люди желали, уже создано. Поэтому «гонка миниатюризации» может просто стать невыгодной гигантам компьютерного рынка.

Программистская причина. Дело в том, что программы пишет человек, а он несовершенен и поэтому делает ошибки, в том числе в операционных системах. В продукте Windows XP число ошибок на 1000 строк кода составляет 0,5, а таких строк в этом продукте 45 млн. Это гигантское число ошибок! Разумеется, в том, что встречается и используется часто, ошибки устраняются быстро, но от этого не легче. Конечно, хакеры и спецслужбы ищут и используют найденные ошибки, но тут возникает вопрос: какова надежность всего этого программного хозяйства? Какие задачи ему можно поручить, а какие не стоит? Среднее по индустрии – 15–50 ошибок на 1000 строк кода. Число строк кода во всей авионике США (на земле и бортовой) ≈ 1 млрд [22]. Уменьшение количества ошибок в программах – острая нерешенная проблема. И без компьютеров в нашей реальности не обойтись, но и с ними опасно.

Физическая причина. Параметры микросхемы определяются *толщиной линии* – размером минимального элемента схемы. Несколько компьютерных гигантов выпускают схемы с толщиной линии 3 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$). Вместе с тем период решетки кристаллического кремния – основы современной электроники – 0,543 нм. По мере приближения к этому расстоянию (а до этого осталось несколько шагов) физические процессы, лежащие в основе микросхем, перестают работать. Принципиальную роль начинают играть квантово-механические эффекты. Есть большие сомнения, что на этой основе удастся построить универсальные эффективно работающие компьютерные системы...

Проведенное обсуждение позволяет сделать несколько выводов.

- Широкое использование компьютеров начиная с 1960-х гг. превратило математику и микроэлектронику в огромную отрасль промышленности, имеющую ключевое значение и для национальной обороны, и для развития экономики.
- Возникла важная системная связь: развитие третьей природы определяется потребностями среды (экономической, военной, научной, образовательной, социальной и иной) и меняет саму эту среду.

- Успех развития компьютерного мира связан с усилиями в разных сферах деятельности, начиная от абстрактных математических рассуждений и физических исследований, сделавших возможной современную микроэлектронику, и заканчивая конкретными инженерными и экономическими решениями.
- Косвенные результаты развития этого мира во многих случаях часто оказывались важнее непосредственных задач, которые решались. Протообразы Интернета создавались для обеспечения устойчивости военной сферы под огнем противника, однако сам Интернет стал огромным пространством, в котором люди «работают, развиваются и живут».
- Важнейшим результатом развития компьютерного пространства стало изменение форм, механизмов и уровня самоорганизации в социальной, экономической, военной, образовательной, научной сферах.
- Развитие вычислительной техники шло по направлению «от большого к меньшему» не только в области микросхем, но и в других сферах микроэлектроники, например в космических системах, уменьшались мобильные телефоны, микрофоны, различные сенсоры.
- По-видимому, действие первого закона Мура заканчивается и вступает в силу второй закон Мура. Революционный период развития вычислительной техники сменяется эволюционным, императивы развития которого сейчас важно было бы сформировать.

1.2.3. Оборона, дипломатия и компьютерная реальность

Можете не интересоваться войной, но тогда война заинтересует вас.

Л. Троицкий

В ближайшие десятилетия нас ждет революция в военной сфере, связанная с новым поколением компьютерных технологий. Масштабы ожидающих нас перемен огромны, однако ряд контуров будущего можно наметить уже сейчас. Дело в том, что ключевые параметры оружия – *дальность, поражающая сила и скорость* – достигли своих пределов. США вложили большие усилия в то, чтобы их вооруженные силы могли нанести удар по любой точке земного шара в течение часа. Запущенное сверхдержавами стратегическое оружие будет на территории противника через 45 минут, и в течение этого времени руководство данной страны должно принять решение об ответном ударе.

Убойная сила обычного оружия от начала промышленной революции до настоящего времени увеличилась в 100 тыс. раз. Водородная бомба мощностью в 100 мегатонн меняет географию тех мест, в которых была использована. Расчеты групп академика Н.Н. Моисеева в СССР и К. Сагана в США показали,

что обмен ядерными ударами общей мощностью в 1000 Мт приведет к ядерной ночи, затем к ядерной зиме и глобальному изменению климатической системы планеты. При таком изменении места для нашего вида на Земле может не остаться. Порог непоправимого совсем близко.

Лазерные системы, оружие, связанное с радиоэлектронной борьбой, достигает противника с предельной скоростью — со скоростью света.

Остается ещё один параметр, связанный с точностью поражения, который определяется используемыми компьютерами и телекоммуникационными системами, — точность наведения оружия. И здесь компьютерные системы приобретают решающее значение.

В международных отношениях используется термин «*стратегическая стабильность*» (или «*стратегическая устойчивость*»), обозначающий длительную устойчивость баланса устрашения по отношению к воздействию дестабилизирующих факторов. Стратегическая стабильность связана с возможностью для страны — жертвы первого удара нанести удар возмездия с неприемлемым ущербом для противника. Другими словами, каждая из сторон не может в этом случае вывести из строя все или почти все стратегические силы оппонента в ходе первого удара.

Международные отношения, дипломатия и война — это диалог с партнерами или противниками. Большое влияние на американский политический класс оказала книга С. Хантингтона «*Столкновение цивилизаций*» [23]. В этой работе автор делит мировое сообщество на восемь цивилизаций, называя нашу — мир России — «*восточнохристианской цивилизацией*». В соответствии с теорией Хантингтона мир XXI в. станет беспощадной схваткой цивилизаций за невозполнимые природные ресурсы. Диалог между цивилизациями невозможен, и принципиальна здесь не экономика, а смыслы, ценности и видение будущего. Стоит обратить внимание на слова американского политолога З. Бжезинского: «В XXI веке Америка будет развиваться против России, за счет России и на обломках России».

Большие усилия были вложены в создание противоракетной обороны. Над этим работал С.А. Лебедев и другие выдающиеся советские ученые. Аналогичные работы активно велись и в США. В 1983 г. президент США Рональд Рейган заявил о начале проекта разработки глобальной системы противоракетной обороны (ПРО) с элементами космического базирования, получившей название программы «звездных войн». Однако проект провалился. У этого много причин, но мы обратим внимание лишь на две. Написание и отладка соответствующей программы, которая должна была действовать в случае «звездных войн», по оценкам экспертов, требовала более 2 млн человеко-лет работы квалифицированных специалистов. Это нереально.

Привлекательной кажется, на первый взгляд, *концепция быстрого обезоруживающего удара*, в котором у людей нет времени на ответ и всё отдано на откуп компьютерным системам. Этот вариант рассматривал футуролог, фантаст и философ Станислав Лем, и соответствующие ограничения иногда называют

барьером Лема. Он рассматривал гипотетическую траекторию развития вооружений в XXI в. и писал: «Появляющаяся одна за другой новые системы оружия характеризовались возрастающим быстродействием, начиная с *принятия решений* (атаковать или *не атаковать*), где, *каким образом, с какой степенью риска, какие* силы оставить в резерве и т.д.); и именно это возрастание быстродействия вводило в игру фактор случайности, который принципиально не поддается расчету. Это можно выразить так: системы неслыханно быстрые ошибаются неслыханно быстро. Там, где спасение или гибель обширных территорий зависит от долей секунды, обеспечить военно-стратегическую *надежность* невозможно, или, если угодно, победа уже неотличима от поражения» [24: 551].

Большие надежды в последние годы возлагались на системы искусственного интеллекта (ИИ), переживающие очередной взлет. Писалось, что те страны, у которых ИИ окажется лучше, приобретут стратегическое преимущество и им воспользуются. Но, как выяснилось, и здесь рассчитывать не на что. Дело в том, что такие системы являются своеобразными «суммаризаторами», способными выбрать наилучшее решение среди имеющихся. Но когда речь идет о вещах невиданных, неожиданных и уникальных, эта логика не работает.

Второй проблемой являются *галлюцинации*. Космический телескоп «Джеймс Уэбб», обладающий удивительными возможностями, был запущен 25.12.2021. Компания Alphabet Investor Relation, чтобы привлечь внимание к своим разработкам в области ИИ, устроила пресс-конференцию для ученых, которые могли задать любые интересующие их вопросы относительно этого телескопа. К изумлению исследователей, ИИ настаивал, что экзопланеты (вращающиеся не вокруг Солнца, а вокруг других звезд) были открыты именно с помощью этого телескопа. Это вызвало шок. Капитализация компании Alphabet уменьшилась в результате этого ответа на \$100 млрд. Заметим также, что успехи системы с ИИ критическим образом зависят от данных, на основании которых они были обучены...

При всех принятых мерах безопасности в области стратегических вооружений в истории известно несколько случаев их ложного срабатывания и поступления информации о наступающем ядерном нападении. Трагедии не произошло только потому, что в цепи принятия решения оказался человек. Мир не должен погибнуть из-за ошибки в программе или сбоя компьютера.

Не стоит забывать о *кибервойнах*. Наряду с землей, водой, воздухом и космосом появилось пятое пространство в военном противостоянии – киберпространство. По сообщениям СМИ, по уровню развития кибервойск Россия входит в первую пятерку стран мира вместе с США, Китаем, Великобританией и Южной Кореей.

Из сказанного следует очевидный вывод: следует изучать и прогнозировать ситуацию в сфере компьютерного обеспечения стратегических вооружений и заключать договоры со странами, обладающими таким потенциалом. Очень важно сделать это до того, как произойдут трагические случайности, сделавшие необходимость этой работы очевидной.

При этом, как отмечал лауреат Нобелевской премии Ж. И. Алферов, в части технологического обеспечения национальной безопасности прежде всего надо вкладывать средства *«только в электронную компонентную базу! От 80 до 95% возможностей современного оружия определяется электроникой, которая в него «защита».* Кроме того, электроника — основа новой индустриализации России». Именно развитие компьютерных систем определило начавшуюся революцию в военном деле.

Мы видим своеобразный «возврат назад». Электронные компоненты, используемые в портативных ракетах, позволяют достаточно эффективно поражать танки, самолеты и вертолеты, которые стоят в сотни раз дороже, чем эти виды вооружения. Это меняет способы использования военной техники. Так же, как в Первую мировую войну, артиллерия становится царицей войны. По оценкам экспертов, в ходе специальной военной операции (СВО) только 3% погибших солдат были поражены пулями, причиной смерти остальных стали снаряды и ракеты.

Преобразилась разведка. Война стала «прозрачной». Многие изменили FPV-дроны (First Person View или «вид от первого лица») — это дистанционно управляемые летательные аппараты с управлением через видеоочки и пульт. Такие аппараты обычно могут набирать скорость в 100 км/час буквально за считанные секунды. Они объединили в себе реальный полет и виртуальную реальность и при этом оказались очень дешевы. Современные боевые дроны могут преодолеть сотни километров и при массовом применении парализовать гражданскую авиацию и судоходство.

Электроника сделала возможной и эффективной космическую разведку. В свое время Джон Кеннеди заявлял, что «никто не может точно сказать, каково будет значение овладения космосом», но вполне может быть, что «космос является ключом к нашему будущему на Земле» [25: 62].

Что будет, если этих усилий не предпринимать? Об этом рассказал Лем в романе «Фиаско», фрагмент из которого мы приведем. «Если дело доходит до равновесия сторон в конфликте, то какая-нибудь из сторон пытается преодолеть потолок. Потолком предкосмической фазы можно считать состояние, при котором каждая из сторон может как использовать, так и уничтожать средства противника...

В создавшемся таким образом равновесии взаимного поражения самым слабым звеном становится система связи, выведенная в космос спутниками распознавания и слежения, то есть дальней разведки, а ключевой является, очевидно, связь этих спутников со штабами и боевыми средствами. Чтобы и эту систему вывести из-под неожиданного удара, который может разорвать её или ослепить, создается следующая система на более высоких орбитах.

Таким образом, вначале мы имеем порог для лобового столкновения сил на планете, а следующая фаза — милитаризация Космоса. Наиболее важная вещь — от этого вида состязания с определенного момента уже не удастся отказаться» [26: 19, 26].

Обратим внимание на несколько тенденций, которые могут определить будущее.

- Гонка вооружений по-прежнему является областью соперничества государств, а угроза применения новых поколения оружия – средством достижения политического доминирования. Многие образцы оружия создаются не в расчете на применение, а с намерением втянуть соперника в разорительное соревнование по совершенствованию и созданию новых поколений военной техники. И здесь мы имеем «эффект зеркала»: чем жестче противостояние, тем активнее идет такое соревнование, и вычислительные системы играют во всем этом решающую роль.
- Ключевое значение в военных конфликтах начинает приобретать информация и «воины знания» – люди, собирающие, обрабатывающие, анализирующие информацию, обобщающие её и предлагающие варианты действий. Беспилотники, космическая разведка и ряд других технологий сделали поле боя «прозрачным». В совокупности с ракетами, дронами, несущими оружие, и современной артиллерией это не позволяет сосредотачивать значительное количество войск, военной техники, боеприпасов, топлива на небольших территориях. Приходится создавать «распределенные системы», новую среду, обеспечивающую военные действия и другую логистику.
- Всё большая доля задач решается всё меньшими системами. Беспилотники очень дешевы по сравнению с самолетами и высокоточными ракетами, их число стремительно увеличивается. Это связано с быстрым совершенствованием и удешевлением электроники и вытеснением людей с поля боя.
- Стремительно разрабатываются стаи и команды таких систем. Тысячи или сотни тысяч стай такой «кремниевой саранчи» могут парализовать жизнь в мегаполисе или деятельность военных соединений.
- Усилия по разрушению связи между боевыми роботами и операторами (наглядный пример здесь – борьба с беспилотниками) будут приводить к повышению автономности боевых систем и к связанным с этим неустойчивостям.

1.2.4. Разведка и террор в компьютерном контексте

*Хорошая разведка составляет
девять десятых любой битвы.*

Наполеон

Лидирующие позиции в использовании компьютерных систем в разведке занимают США. Реальная картина имеющихся возможностей стала ясна после

признания в 2013 году агента Центрального разведывательного управления (ЦРУ) и Агентства национальной безопасности (АНБ) Эдварда Сноудена. Стало ясно, что правительство США тайно стремится отслеживать каждый телефонный звонок, сообщение и посланное электронное письмо более миллиарда человек в разных странах.

Процитируем несколько фрагментов из его книги с короткими комментариями.

Дипломатия США самым тесным образом связана с разведкой: «Ни для кого уже не секрет, что первейшей функцией посольств на сегодняшний день является использование их в качестве платформ для шпионажа» [27: 194].

Важнейшей функцией разведки является доступ к секретным данным: «Если глубочайшие тайны мира хранятся в компьютерах, подключенных к Интернету, логично, что американские разведслужбы хотят воспользоваться этими соединениями, чтобы что-нибудь украсть» [27: 200].

Лидерство здесь понятно «Интернет — явление американское, но мне нужно было уехать из Америки, чтобы полностью это осознать... Свыше 90% всемирного интернет-трафика проходит через оборудование, разработанное, принадлежащее или управляемое американским правительством и американским бизнесом и расположенное на американской территории» [27: 212, 213].

Другими словами, американцы «играют на своем поле», и в стратегической перспективе желающим оспорить «компьютерное доминирование» США нужно создавать свои, альтернативные системы. По этому пути сегодня идет Китай.

Если технологии позволяют создать «меч», то, естественно, будут разрабатываться подходы, позволяющие создать «щит», помогающий противостоять этому «мечу».

Таким «щитом» тысячи лет было шифрование — способ защитить информацию, в прошлом доступный прежде всего владыкам и военным. Один из создателей алгебры Франсуа Виет (1559–1603) служил криптографом у короля Франции Генриха IV. Он сумел расшифровать переписку испанских агентов во Франции и был обвинен испанским королем Филиппом II в использовании черной магии. Ряд историков считает, что шотландская королева Мария Стюарт была казнена в 1587 г. потому, что криптографы королевы Елизаветы сумели прочесть её переписку с соратниками. В криптографии того времени шифр переписки должны были знать и автор, и адресат сообщения (двустороннее шифрование).

Однако в XX в. потоки информации благодаря формированию компьютерной реальности многократно выросли и понадобились другие, более эффективные подходы для того, чтобы передавать секретную информацию по открытым линиям связи. Принципиальный шаг был сделан Р. Мерклом, У. Диффи, М. Хеллманом. Этот шаг был связан с так называемыми *односторонними функциями*.

В начале компьютерной эры казалось, что в этой реальности для вычислительных машин нет границ. Однако многие задачи, которые ставились ещё в 1950-х гг., не решены до сих пор. Пусть на вход компьютера подается массив (число) длины N . Если для получения ответа надо проделать $Q \approx N^\alpha$, $\alpha = \text{const}$ операций, то такие задачи называются полиномиальными или *простыми*. Задачи, где зависимость более быстрая, называют *сложными*.

Сложные задачи, которые недоступны для вычислительных машин, формулируются иногда очень просто. Например, такой является *задача коммивояжера*: на плоскости N городов, надо найти кратчайший путь, проходящий через них. Возможных маршрутов $N! = N \cdot (N - 1) \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1$ (первый город мы можем выбрать N способами, второй – $N - 1$ и т. д.). По формуле Стирлинга, доказанной в 1730 г., для больших N

$$N! \approx \sqrt{2\pi N} (N/e)^N, \quad e = 2,718.$$

$$\text{Но } 100! > 9,33 \cdot 10^{157}, \quad 1000! > 2,84 \cdot 10^{2567}.$$

Заметим, что по существующим представлениям число атомов во Вселенной не превышает 10^{82} . Другими словами, даже для сотни городов все наши компьютеры, вместе взятые, не могут решить задачу коммивояжера за все время существования Вселенной.

Односторонняя функция с секретом $y = F_k(x)$, где k – секретный параметр, обладает тремя свойствами.

Для определенности будем считать, что x – число с N разрядами, описывающее исходное сообщение; y – зашифрованное сообщение.

1. $y = F_k(x)$ – простая задача. Адресату A зашифровать свое сообщение легко, и для этого не надо знать ключа k . Как это сделать, можно рассказать всем.
2. y известно, но k неизвестно. Вычисление x – расшифровка сообщения y – сложная задача. Именно её надо решить злоумышленнику w , который хочет прочитать не предназначенную для него переписку.
3. y известно и k известно, задача нахождения x , расшифровка, – вычислительно простая проблема. Это делает сторона B , для которой и предназначено сообщение.

Это меняет всё! Мы можем сообщить по открытой сети всем и способ шифровки – функцию F_k , и зашифрованное сообщение y . Но прочитать все секретные сообщения, направленные нам, можем только мы!

«Щит» достаточно надежен, но и он, и «меч» продолжают совершенствоваться. Во многом это один из источников развития математической промышленности. Эффективные технологии работы с простыми и случайными числами и способы их построения становятся стратегическим ресурсом страны.

1.2.5. Экономическое развитие и компьютерная реальность

Решить проблему на том же уровне, на котором она возникла, невозможно. Нужно стать выше этой проблемы, поднявшись на следующий уровень.

А. Эйнштейн

Мир начала XXI в. парадоксален. С одной стороны, в пространстве смыслов, ценностей, целей, проектов будущего имеет место *глокализация* — разные цивилизации отстаивают свои пути развития. С другой стороны, в мире науки, технологий, образования происходит *глобализация* — достижения отдельных лабораторий, институтов, компаний в конце концов становятся достоянием всего человечества. Показателен пример науки и связанный с ним цикл воспроизводства инноваций.

Фундаментальная наука занимается исследованиями *неизвестных свойств* природы, общества, человека. Условно можно считать, что эта часть науки и тесно связанное с ней образование стоит 1 рубль. Это направление работает «за горизонт»: то, чем занимаются ученые в этой области, найдет практическое применение через 40–50 лет.

Прикладная наука на основе имеющихся фундаментальных знаний создает образцы новой техники, алгоритмы, стратегии. Именно здесь делается 75% изобретений. Горизонт здесь — 10–15 лет, и стоит эта сфера 10 руб.

Опытно-конструкторские разработки (ОКР) позволяют создавать эффективные доступные технологии, позволяющие вывести результаты прикладной науки на рынок и сделать их конкурентоспособными. Здесь горизонт прогноза составляет 2–3 года, и стоит все это 100 руб.

Экономический эффект от науки и технологий возникает, когда результаты ОКР воплощаются в промышленность, а товары успешно продаются на рынке либо появляющиеся возможности используются по-другому. Именно на этом этапе происходит конкуренция между компаниями, странами, цивилизациями.

В разных обществах цикл воспроизводства инноваций в различных областях замыкается по своей схеме. К сожалению, в нашей стране до последних лет этот цикл в компьютерной и математической отрасли был разомкнут.

Значительная часть организаций, занимавшихся прикладной наукой, была ликвидирована в 1990-х гг., а крупных компаний в области вычислительной техники или программного обеспечения не возникло. В результате этого нет отечественных персональных компьютеров, планшетов, мобильных телефонов и многих других вычислительных систем. В условиях санкций, направленных против России, это приводит ко множеству проблем.

По-видимому, в нынешних реалиях Компьютерный проект должен реализовываться на той же основе и в том же масштабе, как в советские времена выполнялись Атомный и Космический проекты. Сравнимо их стратегическое значение. Его выполнение, как и первых двух, определяет суверенитет страны и её обороноспособность. Этот проект междисциплинарен: нужны материалы, полупроводники, электронное машиностроение, многочисленные бюро дизайна микросхем и соответствующие пакеты программ, позволяющие проектировать микроэлектронику, нужны сенсоры, оптоволокно, системы связи, алгоритмы защиты и нападения в компьютерном пространстве.

Вместе с тем здесь есть два важных отличия от больших советских проектов. С одной стороны, эта задача проще. Аналогичные системы уже созданы, многое производится в других странах. Многие этапы работы понятны. С другой стороны, в отличие от двух советских проектов, здесь речь должна идти не о создании отдельных образцов техники, а о формировании собственной компьютерной и телекоммуникационной среды и возможности развивать её не медленнее, а быстрее, чем другие цивилизации. Развитие ИТ-технологий позволяет получить странам – лидерам в этой области большую инновационную ренту. Данная отрасль оказалась и, видимо, будет в течение длительного времени являться локомотивной для современной экономики.

Следует обратить внимание на прорыв в сфере ИИ. Программа *ChatGPT* пишет код лучше начинающих разработчиков, судя по ряду тестов. ИИ пишет тексты, рисует картины, занимается дизайном и сочиняет музыку. Вероятно, вскоре он будет генерировать фильмы, игры, 3D-модели.

Происходящее полностью совпадает с прогнозом, который дал президент РФ в 2017 г.: «Искусственный интеллект – это будущее не только России, это будущее всего человечества. Здесь колоссальные возможности и трудно прогнозируемые сегодня угрозы. Тот, кто станет лидером в этой сфере, будет властелином мира. Очень бы не хотелось, чтобы эта монополия была сосредоточена в чьих-то конкретных руках. Поэтому мы (если будем лидерами в этой сфере) также будем делиться этими технологиями со всем миром, как мы сегодня делимся атомными технологиями, ядерными технологиями, но, чтобы не стоять в конце очереди, нужно уже работать над этим сегодня» [28].

Больше всего внимания ИИ в 2022 г. уделялось в медицинской отрасли. Она, вероятно, останется лидером и в будущем. Соответствующие инструменты будут применяться в диагностике, для поиска лекарств и при планировании лечения.

Развитие этой сферы деятельности в современном мире имеет множество аспектов. Многие из них представлены, например, в работе [29], написанной до начала специальной военной операции (СВО). Обратим внимание только на заключающий её вывод: «Для России в долгосрочной перспективе неактуален вариант развития полупроводниковой промышленности с опорой на поставки импортного обрабатывающего оборудования и промышленных