

**Г.Г. Малинецкий**

**Высокие технологии и будущее России**

Москва

## **Аннотация**

Книга посвящена научным и технологическим основам модернизации России – большого проекта нашей страны первой половины XXI века. В простой и доступной форме рассматриваются вопросы о сущности, перспективах модернизации и новой технологической инициативе, связанной с развитием нанотехнологий, биотехнологий, когнитивных и информационных технологий. Обсуждается, какие сегодняшние вызовы и решения определяют облик общества и человека будущего.

Один из фундаментальных выводов современной науки состоит в том, что будущее неединственно, что порой наши локальные действия могут запустить глобальные процессы. Поэтому понимание происходящего и прогноз на будущее могут оказаться очень важными. Цель этой книги – помочь читателю выработать своё понимание происходящего, рассказать какие прогнозы делаются учёными, и как эти прогнозы могут изменить нашу реальность.

Многие вопросы, затронутые в книге, обсуждались на семинаре «Будущее прикладной математики» в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, в Нанотехнологическом обществе России, в Клубе инновационного развития Института философии РАН. Тем не менее, это книга рассчитана на очень широкий круг читателей – от школьников и студентов до исследователей и руководителей.

В большой степени мы все равны перед будущим, а само оно станет результатом наших коллективных усилий (или бездействия). И книга эта написана для того, чтобы наш выбор стал более ответственным и осознанным.

Светлой памяти моего отца  
Геннадия Петровича Малинецкого  
посвящаю эту книгу

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Я старался... дать плодотворное промышленное, реальное дело своей стране в уверенности, что политика, устройство, образование и даже оборона страны без развития промышленности немислимы, и весь конец желаемых по мне преобразований, вся свобода... тут сосредоточены. Наука и промышленность – вот мои мечты.

*Д.И. Менделеев 10.06.1905*

В свое время, в период глубокого кризиса выдающийся философ и проповедник Фома Аквинский написал книгу «Сумма теологии». По его мысли, возрождение духовности, исправление религиозного сознания и должно было помочь преодолеть тяжелые проблемы, с которыми столкнулись люди того времени.

Много веков спустя, в 1960-х годах польский фантаст и футуролог Станислав Лем выпустил замечательную книгу «Сумма технологий», перекликающуюся по духу и названию с творением Фомы Аквинского – «Сумма теологии». По мысли Лема, мы живем в *технологической цивилизации*. Для решения возникающих проблем человечество вновь и вновь придумывало способы, алгоритмы, рецепты, чтобы получить желаемое. Эти способы, опирающиеся на развитие техники, научные исследования, изобретения, отбор лучшего из практического опыта, использование возможностей, открывающихся с повышением культурного и образовательного уровня населения, и получили название *технологий*.

Станислав Лем был большим оптимистом и прочерчивал дорогу в светлое будущее, анализировал множество различных способов преодоления препятствий, с которыми человечество может столкнуться на этом пути.

Прошедшие полвека показали, что реальность оказалась значительно сложнее. Практически все прогнозы научно-технического развития, делавшиеся в то время, не оправдались. Технологическое развитие во многих ключевых направлениях замедлилось, а то и вовсе прекратилось. И мир, и Россия вступили в полосу глубокого тяжелого кризиса.

Как выйти из него? Трудно не согласиться с Лемом – мы действительно живем в технологической цивилизации. И путь в будущее естественно связывать с новым обликом промышленности, сельского хозяйства, инфраструктуры, систем управления, всего жизнеустройства. Всё это должно опираться на *новые технологии*, в большей мере соответствующие нынешней эпохе, перспективам и возможностям человечества, чем то, что мы сейчас имеем. Эти технологии сегодня во многом и определяют *вектор развития науки*.

Именно с этой точки зрения мы и посмотрим на будущее мира и России.

### ***Вызов миру и России***

Таким образом, макросдвиг – это трансформация цивилизации, в которой движущей силой является технология, а запускается сдвиг наличием критической массы людей, осознавшей необходимость обновления системы ценностей.

*Э. Ласло*

Перед Всемирным экономическим форумом в Давосе было проведено исследование, посвященное тенденциям развития и угрозам ближайшего десятилетия. По данным этого исследования, через десять лет население Земли должно увеличиться при-

мерно на миллиард и достичь 7,7 млрд человек. Нагрузка на биосферу, которая уже превысила критическую, резко возрастет. К 2030 году спрос на еду вырастет на 50%, на воду – на 30%, на энергию – на 40%.

Опрос, проведенный среди 600 экспертов из разных стран, показал, что первые места в рейтинге рисков заняли *изменения климата, финансовый кризис, геополитические конфликты, рост цен на энергоносители и экономическое неравенство в мире*. Потенциальный ущерб от этих рисков в ближайшие 10 лет эксперты оценили в 4,5 трлн. долларов.

Проявления социально-экономического неблагополучия многообразны. Десятилетия назад трудно было предположить, что такая благополучная европейская страна, как Греция, в 2010-х годах окажется на грани банкротства и что спасение её экономики потребует займов, превышающих 100 млрд евро. В тяжелом состоянии оказались экономики Португалии, Испании, Италии.

В прошлом остались надежды на бескризисное развитие, на благоденствие «общества потребления». Даже наиболее благополучные европейские государства вынуждены «туже затягивать пояса», сокращать свои социальные обязательства, уменьшать расходы на образование, на оплату труда, увеличивать пенсионный возраст.

В качестве примера можно привести «антиреформу» высшей школы в Великобритании в 2010 году, в ходе которой был осуществлен рост платы за учебу с 3-х до 6-ти, а в ряде случаев и до 9 тысяч фунтов в год, то есть втрое.

Экономический кризис поднял волну изменений границ пенсионного возраста прокатившуюся по европейским странам. В Великобритании пенсионный возраст был увеличен с 60 до 68 лет, в Германии с 65 до 67 лет, в Италии с 65 до 68 лет, во Франции с 60 до 62 лет. Вновь принимаемые рабочие на заводы Форда и «Дженерал Моторс» в 2011 году получают примерно вдвое меньше тех, кто поступил на работу несколькими годами раньше. Естественно, всё это породило волну социальных протестов, подорвало доверие к государствам и корпорациям. Растет социальный антагонизм и пропасть отчуждения между бедными и богатыми. Под вопросом оказывается само существование капиталистического производства...

Однако всё это лишь симптомы и признаки тяжелой болезни, причины которой являются более глубокими и непосредственно связанными с технологиями.

Диагноз нынешнему жизнеустройству был поставлен в 1971 году американским исследователем Джеем Форрестером. Общество политиков и предпринимателей, получившее название Римский клуб, обратилось к ученым с просьбой проанализировать перспективы развития человечества. Одним из экспертов, к которым обратился Римский клуб, и был математик и системный аналитик Дж.Форрестер, создавший новый тип моделей, впоследствии получивших название *моделей мировой динамики*. В таких моделях рассматриваются *параметры порядка* (наиболее существенные макропеременные, характеризующие мир как целое). В моделях Форрестера в качестве таковых рассматривались – *население планеты, основные фонды, доля фондов в сельском хозяйстве, уровень загрязнения, количество невозобновляемых природных ресурсов*. Для скорости изменения этих ресурсов писались уравнения, их коэффициенты находились таким образом, чтобы наилучшим образом описывать траекторию, пройденную человечеством с 1900 по 1970 год.

И далее на этой основе делался прогноз. Результат компьютерного анализа построенной модели Форрестера и последующих, более подробных моделей мировой динамики вызвали шок. Оказалось, что при сохранении сложившихся в XX веке тенденций мировую экономику ждет коллапс примерно к 2050 году.

Замыкается отрицательная обратная связь: *исчерпание невозобновляемых ресурсов* → *снижение эффективности экономики* → *падение уровня жизни* → *недостаток*

*средств для развития технологий и охраны окружающей среды → снижение эффективности используемых ресурсов и их дальнейшее истощение.*

Можно ли разорвать эту связь? Ответ на этот вопрос, волновавший ученых, экспертов, политиков, был получен в 1970-х годах в *Институте прикладной математики АН СССР* (ныне ИПМ им. М.В. Келдыша РАН) исследователями, которыми руководил профессор В.А. Егоров. Ответ очень прост для формулировки и очень сложен для практического воплощения. Его суть сводится к тому, что человечеству надо весьма быстро развернуть две гигантские отрасли промышленности. *Одна занимается переработкой (рециклингом) создаваемых и созданных промышленных, сельскохозяйственных и прочих отходов. Другая – рекультивацией земель, выведенных из хозяйственного оборота.* Иными словами, все невозобновляемые природные ресурсы, которые добывает человечество, должны использоваться во много раз эффективней, чем сейчас.

При этом даже в лучшем случае нам придется рассчитывать не на экстенсивный рост, а на вывод макропеременных (численности населения планеты, уровня производства и потребления, уровня загрязнения и качества жизни) на постоянные значения. Компьютерные расчеты модели Форрестера и ее модификацией, продолженные в ИПМ С.А. Маховым<sup>1</sup>, показали, что, чем позже человечество возьмется за решение этих задач, тем ниже уровни макропеременных, на которые может быть выведена траектория человечества.

Результаты исследований по мировой динамике оказали большое влияние на мировое общественное мнение. Во многом именно под их влиянием начала развиваться экология, формироваться движения «зеленых», возникла концепция «устойчивого развития» (в подлиннике – *самоподдерживающегося развития* – sustainable development, то есть развития, опирающегося, прежде всего, на возобновляемые ресурсы).

По сути дела, речь идет о новом поколении жизнеобеспечивающих технологий – производства дешевой и чистой электроэнергии и ее хранения, продуктов питания, транспортных технологиях и экономном жилье, управлении социальными процессами. К сожалению, наука и общество XX века не справились с этими задачами, оставив их в наследство следующему столетию. В 1900 году трудно было поверить, что и век спустя войны в различных формах останутся важным средством взаимодействия субъектов на мировой шахматной доске.

Другой путь в будущее – найти новые ресурсы развития. На рубеже XX века великий химик, создатель периодической системы элементов – Дмитрий Иванович Менделеев – убеждал промышленников и государственную власть заняться добычей нефти. Он был прав. Нефть была важнейшим ресурсом развития нашей цивилизации в течение всего XX века и остается таковым и по сей день.

При этом Д.И. Менделеев обращал внимание на то, что топить нефтью так же неразумно, как топить ассигнациями, что переработка промышленных отходов должна занять место среди важнейших отраслей экономики... Эти заветы великого соотечественника не удалось воплотить в жизнь до сих пор.

Нефтяная эпоха клонится к закату и нужно искать новые ресурсы.

Воплощение рекомендаций, следующих из моделей мировой динамики, требует напряженных поисков и научных открытий, разработки новых технологий и, вероятно, создания новых отраслей промышленности.

Человечеству брошен вызов, равного которому в его истории ещё не было. *Ему предстоит в течение ближайшего десятилетия спроектировать своё будущее и до середины века воплотить в основных чертах этот проект в реальность.* Иначе нас

---

<sup>1</sup> Более подробно, с формулами и рисунками об этих результатах рассказано в его статье в книге. Новое в синергетике. Новая реальность, новая проблемы, новое поколение/ Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения/ Отв. ред. Г.Г.Малинецкий. – М.: Наука, 2007. – 383 с.

ждет движение вниз с тех высот, которые уже покорены во всех сферах жизнедеятельности...

Если не удастся пойти вверх, то реальностью может стать мрачное пророчество американского политолога Самюэля Хантингтона<sup>2</sup>. По его прогнозу, XXI веку предстоит стать ареной беспощадной схватки нескольких цивилизаций (американской, китайской, исламской, нескольких других) за тающие ресурсы. И чтобы этот прогноз не осуществился, главные надежды приходится возлагать на науку, высокие технологии, новые ресурсы развития и на более эффективное использование тех, которые у нас есть. Этот крутой поворот – нелегкое испытание для народов, стран, цивилизаций. Все они ищут свои пути в будущее. В полной мере это относится и к России.

К сожалению, реформы последних 20 с лишним лет привели к откату страны в экономическом, социальном, военном, образовательном, научном пространстве. В самом деле, до начала реформ СССР имел вторую экономику мира (по объему ВВП) и занимал 5-ю строку по мировому рейтингу качества жизни. По ВВП Российская Федерация в настоящее время находится на 8-й позиции, а по качеству жизни на 65-м.

В 1913 году ВВП царской России составлял 10% от ВВП США, перед началом реформ ВВП СССР составлял более 60% от американского, нынешний показатель для Российской Федерации – 6%. Иными словами в мировом экономическом пространстве наша страна оказалась отброшена почти на 1,5 века назад. Ставка на добывающую промышленность, на продажи нефти и газа, на то, что высокотехнологичную продукцию и сами высокие технологии можно будет купить, не оправдались.

У нашего отечества не так много углеводородов (в сравнении с другими государствами), чтобы огромная страна могла жить, только продавая их. Да и организация добывающей отрасли и экспорта углеводородов составляет желать лучшего.

Сейчас Россия занимает первые места в мире по потреблению тяжелого алкоголя, числу убийств и самоубийств и 124 место по средней продолжительности жизни.

Одним из важнейших источников изобретений, открытий, новых технологий является оборонный комплекс. Оттуда пришли тефлон и компьютеры, интернет и самолеты. Поэтому тяжелое положение оборонного комплекса России – угроза и для настоящего, и для будущего. По оценкам экспертов, по обычным вооружениям (без ядерного оружия) оборонный потенциал России относится к суммарному оборонному потенциалу стран НАТО как 1:50.

Сильной стороной нашего отечества в течение многих лет был высокий уровень образования. Наши школьники по множеству позиций находились на первых местах в мире. Однако перманентные реформы привели к тяжелым результатам и в этой сфере. По оценкам международных экспертов, по способности читать и понимать прочитанное сейчас российские школьники находятся в шестом десятке ребят из других стран мира.

Символом советской науки всегда были космические программы – первый спутник, первый человек в космосе, первые снимки обратной стороны Луны, аппараты, запускаемые к Венере и Марсу. Однако ныне ситуация иная. Книге, посвященной «научному космосу» последних лет, директор института геохимии РАН, академик Э.М. Галимов дал подзаголовок «20 лет бесплодных усилий». «Потерянные» спутники, неудачные запуски «Булавы», неудовлетворительное состояние глобальной навигационной системы ГЛОНАСС показывают другие стороны космической деятельности новой России. В настоящее время российские спутники летают, выполняя свои задачи, примерно в 4 раза меньше, чем американские космические аппараты.

---

<sup>2</sup> Хантингтон С. Столкновение цивилизаций. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 603 с. Эта книга, по-видимому, вызвала наибольший резонанс за всю вторую половину XX века. В ней предлагается прогноз глобального развития на XXI век.

Коротко говоря, в то время как страны-лидеры стремительно двигались вперед в области промышленности, науки, высоких технологий, Россия в последние десятилетия топталась на месте или откатывалась назад.

Отсюда следует, что перед нынешним и следующим поколением граждан России стоят грандиозные задачи. *Стране необходим инновационный и технологический прорыв в будущее.* Это нужно и для того, чтобы сделать счастливой, благополучной и безопасной жизни в России, и для того, чтобы наша страна осталась в истории.

В прошлом не раз вставал вопрос – быть или не быть России. И каждый раз люди, строившие нашу страну, решали – быть, и доказывали обоснованность своего выбора самим себе и всему миру. Сделать это предстоит и нам.

### ***Междисциплинарность науки XXI века***

Наблюдения за деталями может быть интересным и увлекательным, но мы учимся на утверждениях общего характера.

*Пер Бак*

Наверно, главным словом, характеризующим науку XXI века, станет *междисциплинарность*. Решение многих ключевых научных, технических, социальных, экологических проблем, сам выбор пути в будущее, требуют совместных усилий, творчества, взаимной поддержки естественников, гуманитариев, математиков, инженеров, преподавателей, экспертов, руководителей.

Время «узких специалистов», «технических решений» уходит. Отдельные результаты, блестящие модели, удивительные изобретения, инвестиции, талантливые, увлеченные люди не смогут сделать много, если их усилия не будут объединены, организованы, приведены в систему, способную к саморазвитию. Первый директор нашего института, выдающийся математик, механик, организатор науки – Мстислав Всеволодович Келдыш – иногда говорил, что *черепаха обязательно обгонит Ахиллеса, если она будет двигаться в правильном направлении, а он в неправильном.* И именно для того, чтобы увидеть правильное направление и начать энергично двигаться, и нужна *междисциплинарность*.

Идея междисциплинарности родилась в ходе развития самого научного знания и входит в область технологий только в настоящее время. В эпоху Античности универсальность, способность решать различные вопросы от нравственных и этических до физических и геометрических, считалась неотъемлемым атрибутом ученого, философа, мыслителя. При этом геометрические доказательства, рассуждения, опирающиеся на здравый смысл, результаты наблюдений, ссылки на авторитет богов зачастую принимались в расчет с одинаковым основанием, хотя порой и вступали в острый конфликт. Если верить Платону, то Сократ был казнен именно потому, что не смог втянуть свободных граждан Афин в философскую дискуссию и тем самым противопоставить свою логику голословным обвинениям в «неуважении к богам».

Однако время шло и усилиями Френсиса Бэкона и Галилео Галилея в двери науки властно постучал опыт, мысленный и натуральный эксперимент. И, собственно, естествознание, именовавшиеся «натуральной философией», «философией природы», начало в сознании мыслителей XVII века отделяться от «нравственной философии», суждений об обществе, человеке, гуманитарных проблемах.

Однако дальнейшее расширение поля исследований, всё большее количество открытий и достижений, на которые можно опираться, продвигаясь вперед, потребовало специализации. Не последнюю роль сыграло всё более широкое использование инже-

нерами научных результатов, рождались «инженерные науки», «прикладные исследования».

И уже в начале XX века Козьма Прутков иронизировал: «Всякий специалист подобен флюсу – полнота его односторонняя». А в последней трети XX века кошмар «сверхспециализации» стал большой проблемой для институтов и университетов. «Нас все чаще просят готовить специалистов, которые знают «все ни о чем», – восклицал один из ректоров того времени. Люди, работающие в одних вузах, на одних факультетах, заседающие в одних и тех же научных советах, начали всё хуже понимать друг друга. Начался процесс, который можно назвать «дисциплинарным кризисом», который продолжается и по настоящее время.

Путь к его преодолению увидел в 1950-х годах американский математик Норберт Винер. Работая с инженерами, врачами, биологами он осознал глубокое внутреннее единство многих задач, возникающих в разных областях. Оказалось, что многие изучаемые процессы или проектируемые системы описываются одними и теми же математическими моделями и предполагают сходные пути решения поставленных задач. Более того, во множестве случаев управляемую или изучаемую систему можно рассматривать как «черный ящик», который в ответ на данные воздействия даёт вполне определенные реакции, независимо от того, что находится внутри этого «ящика».

Двигаясь по пути, намеченному Н. Винером, удалось ввести очень важное и для теории управления, и для других областей знания, понятие *обратной связи*, построить концептуальные и математические модели. Эта общность и единство позволили создать первый междисциплинарный подход – *кибернетику* (от греческого слова, означающего рулевой, управляющий), которую сам Н. Винер определял, как *теорию управления, связи и коммуникации в технике, живых существах, обществе*. На конференциях по кибернетике и в соответствующих журналах оказались представлены математики и компьютерщики, медики и обществоведы, инженеры и психологи! Ничего подобного раньше не было.

Ревность к такому уровню общности ощутили философы. Например, в советском «Кратком философском словаре» 1954 года издания кибернетику определяли как «реакционную лженауку, возникшую в США после второй мировой войны и получившую широкое распространение и в других капиталистических странах; форму современного механицизма».

Кибернетика стала прорывом и сыграла очень большую роль в развитии науки и техники, хотя, следуя внутренней логике развития научного знания, а может быть из-за субъективных особенностей творцов этого подхода, сохранить внутреннее единство кибернетики не удалось. Однако «из кибернетики» выросли теория игр и системное программирование, искусственный интеллект и имитационное моделирование, многие направления в медицине, управлении, биофизике, компьютерных науках.

Однако время шло и на первый план в науке выдвигались другие проблемы, которые раньше тоже относились к «философской епархии». В самом деле, мы имеем на разных уровнях организации от галактики до атома и от клетки до биосферы сложно организованные, развивающиеся сущности. Как они возникли? Если мы остаёмся на поле науки, а не привлекаем божественный авторитет, то надо разбираться, как же происходит *самоорганизация, самоформирование, саморазвитие* в различных системах. Надо понять, как же возникли те самые «чёрные ящики», с которыми имеет дело кибернетика, посмотреть, что находится внутри них, и выяснить, как же оно работает. Как примирить второе начало термодинамики, в соответствии с которым системы должны двигаться к наиболее вероятному, неупорядоченному состоянию, и биологическую эволюцию, направленную к возникновению всё более сложных и совершенных форм

живого? Попытка ответить на эти вопросы привела учёных к созданию *теории самоорганизации или синергетики*, о которой ещё не раз будет идти речь в этой книге.

И параллельно развитию междисциплинарных идей в науки всё более «широкими», вбирающими достижения множества сфер и областей, становились техника и технологии.

Достаточно сравнить выдающиеся технические достижения первой и второй половины XX века. В качестве первого прорыва можно привести становление автомобильной промышленности, во многом связанное с инженерными достижениями и организаторским талантом Генри Форда. В начале пути ключевым элементом прорыва в автомобильной отрасли стал усовершенствованный, более простой, надёжный и дешёвый двигатель внутреннего сгорания, который, по признанию Форда, он лично собирал у себя в ванной.

Научные достижения, расчёты, помощь фундаментальной науки для этого не потребовались. По сути дела, речь шла о более удачной конструкции, созданной на поле уже существующих и работавших изобретений.

Выдающимся шагом оказалась «социальная инновация», связанная с использованием в производстве автомобиля конвейера. Это, с одной стороны, позволило задействовать неквалифицированную рабочую силу, которой было в избытке (научиться отдельным, элементарным операциям гораздо проще, чем освоить сборку всего агрегата), а также резко увеличить производительность труда, по сравнению с конкурентами. Это помогло сделать товар дешёвым и перевести автомобиль из предмета престижа в сферу массового потребления. Форд поставил и решил задачу добиться того, чтобы рабочие на его заводах имели возможность покупать те автомобили, которые выпускают. Эта *социальная инновация* стала важным шагом на пути к «обществу потребления», к повышению эффективности и устойчивости капиталистического общества.

Космический и ядерный прорывы и в США, и в СССР были совершенно другими во многих отношениях.

Во-первых, очень велика была роль учёных, которые и *обратили внимание первых лиц своих государств на принципиальную возможность создать новые технологии*. Достаточно напомнить, что к выдающемуся политику, президенту США, Франклину Рузвельту с письмом о возможности создать атомную бомбу обратился великий физик Альберт Эйнштейн.

Во-вторых, создание этих технологий потребовало блестящих учёных, *работающих в разных областях* – физиков, химиков, математиков, инженеров.

В-третьих, создание технологии носило *системный характер* в гораздо большей степени, чем раньше.

Чтобы добиться успеха, здесь был необходим совершенно другой уровень организации. Достаточно сказать, что в советском ядерном и космическом проектах участвовало порядка миллиона человек в каждом. Для реализации проектов были созданы гигантские *отрасли промышленности*, найдены и подготовлены специалисты, которые могли осуществлять управление ими и работать в них.

В-пятых, очень велико оказалось значение этих проектов. Их реализация *изменила реальность и определила ход истории, по крайней мере, на полвека вперед*.

Каждая эпоха, каждый экономический уклад выдвигает свои важнейшие проекты и изобретения. Сейчас трудно сказать, что в инновационном и технологическом пространстве станет главным, ключевым в реальности первой половины XXI века, однако некоторые черты будущего технологического прорыва уже ясны.

– *Междисциплинарность*. Развивая нано-био-когнитивно-информационную технологическую парадигму, современные корпорации, исследовательские центры с самого начала предполагают опираться на взаимодействие идей, подходов и людей, пришедших

из различных, достаточно далеких областей. Основные надежды возлагаются на то, что именно такое сочетание должно дать новое качество.

– *Фундаментальность*. То новое, что ищут, создают инженеры, исследователи, руководители, скорее всего, родится в научно-исследовательских центрах и университетских лабораториях. И вновь вначале специалисты увидят возможность следующего скачка, и лишь потом общие усилия инженеров, технологов, руководителей сделают сказку былью.

– *Ориентация на человека*. Проследим последовательность ключевых нововведений, различных технологических укладов и их основные сферы влияния.

Упомянувшийся «автомобильный переворот», выход на арену надёжных и доступных двигателей внутреннего сгорания. Новые возможности ведения боевых действий, новая отрасль экономики и лишь потом косвенное (хотя и весьма важное влияние на жизнь общества).

Полвека спустя – космос и атом. Оборона, оборона и ещё раз оборона и лишь потом «мирные приложения». Космос только сейчас, с запуском спутников связи, систем дистанционного зондирования Земли, средств глобальной навигации, становится объектом экономики и предпринимательства.

Революция, связанная с изобретением и внедрением персональных компьютеров, ноутбуков. Очень быстрое влияние на массовое сознание, на общество, на образование, на самого человека. Появление большого и достаточно влиятельного слоя людей, который работает с информацией, не выходя из квартиры, рождение «сетевое общества».

Именно с человеком, с его возможностями, сознанием, способностью ко взаимодействию, будут связаны как главные возможности и ресурсы и наступившего столетия, так и главные риски и угрозы. Скорее всего, именно на него и будет сориентирована следующая волна технологического развития. И междисциплинарной она будет, вероятно, в гораздо большей степени, чем все предыдущие. Прежде всего, потому что уже на стадии проектирования придётся брать в расчёт не только технические, но и гуманитарные аспекты предстоящего прорыва.

### ***Самоорганизация – ключ от будущего***

Одно из самых поразительных явлений и наиболее интригующая из проблем, с которыми сталкиваются учёные – это спонтанное возникновение высокоупорядоченных структур из зародышей или даже хаоса.

*Г. Хакен*

Мир усложняется. Одно из проявлений этого – он становится всё более *рефлексивным*. Иными словами, в нём всё важнее оказывается не только то, что мы делаем, но и то, что *мы думаем о том, что делаем* (отсюда и растущее могущество «четвертой власти»), а также то, что *мы думаем по поводу своих размышлений о наших действиях*.

Но это означает, что использовать прежние технологии управления и организации в той новой реальности, в которую мы вступаем, будет всё труднее. Человек может активно и эффективно непосредственно руководить 5-7 подчиненными (остальными опосредованно), принимать решения, учитывая 5-7 главных факторов (и часто нелегко разобраться, что же в данной ситуации главное, а на что можно не обращать внимания). Поэтому традиционную *организацию* в управлении, науке, обороне, множестве других важных сфер все чаще дополняет *самоорганизация* – возникновение упорядоченности и коллективных действий без руководства свыше.

Простейший пример самоорганизации – очередь. Люди приходят и встают друг за другом, если нет возможности всем сразу получить желаемое. Они встают без каких-либо указаний извне, просто потому, что «так принято» (есть культуры, где «принято» не так). И в конце концов, получают товар, за которым пришли. Простейший алгоритм решения несложной социальной задачи.

Самоорганизация может выступать в разных обликах, как со знаком «плюс», так и со знаком «минус». Коррупционные цепочки, криминальные кланы, секты различных типов, сетевые террористические сообщества используют самоорганизацию для решения своих, весьма опасных для общества, задач. С другой стороны, профессиональные сообщества, – основа любого предпринимательства и большинства научных проектов, – наконец, сам рынок и развитие биосферы критическим образом зависят от самоорганизации.

*Роль самоорганизации в обществе можно сравнить с ролью воздуха в природе.* Без них множество процессов попросту невозможны. Однако их «очевидность», «незаметность», «естественность» привели к тому, что ученые далеко не сразу осознали важность этих сущностей и всерьез занялись их изучением. Во всяком случае теорию самоорганизации стали создавать с 1970-х годов с легкой руки немецкого физика-теоретика Германа Хакена. Он обратил внимание на поразительную аналогию между математическими моделями, описывающими динамику лазеров, и уравнениями, показывающими, как происходит переход к турбулентному движению в подогреваемом снизу слое жидкости. Он назвал теорию самоорганизации *синергетикой* (от греческих слов, означающих «совместное действие»).

Синергетика стремительно развивалась, включая в себя новые подходы, идеи, области приложений.

В 1970-1980 годах она во многом была интеллектуальной игрой физиков-теоретиков, сумевших увидеть во множестве разнообразных явлений из физики, химии, биологии глубокое внутреннее единство, связанное с универсальностью их математического описания.

В 1990-2000 годах на основе идей синергетики были открыты многие физические и химические эффекты, созданы высокие технологии, связанные с защитой информации и медицинской диагностикой, управлением рисками и прогнозом, новыми типами вооружений, со многими другими сферами приложений.

С 2000-х годов синергетика всё шире применяется в областях, которые традиционно относили к сфере гуманитарных наук. Это стратегическое планирование и экономические прогнозы, социология, а также рождающиеся в последние десятилетия математическая психология, география, история. Модели и методы синергетики взяты сегодня на вооружение сотнями мозговых центров во всем мире, консультирующих правительства и крупнейшие корпорации, намечающих путь в завтрашний день.

*Самоорганизация очень важна для научного сообщества.* Научные журналы и тысячи конференций, проблемы и надежды, которые одно поколение ученых передает другому, формирование «незримого колледжа» из тех, кто бьётся над одними и теми же задачами, немыслимо без самоорганизации. Будущее высоких технологий в развитых странах, а значит и самих этих стран, во многом определяется тем, насколько эффективно в них происходит самоорганизация.

Для России всё это втройне актуально. Возьмем очевидный пример. Уже лет 15 первые лица Российской академии наук и Министерства образования толкуют о необходимости «интеграции академического и вузовского секторов науки», принимают решения, намечают программы, проводят конкурсы. Но... рядовой чиновник, к которому, в конце концов, приходят все эти бумаги, а также заявки и прожекты, прекрасно знает, что ни академические структуры в соответствии с нынешними законами не могут орга-

низовать вузовские лаборатории, ни вузовские структуры не могут напрямую поддерживать совместные работы, если они ведутся в Академии. Счастливые исключения – например, такие, как созданный нобелевским лауреатом Жоресом Алферовым учебный институт в Санкт-Петербурге в рамках РАН – только подтверждают общее правило и «всесилие» чиновного люда.

Например, чтобы попробовать создать что-то иное и выйти из наезженной колеи в научно-инновационном комплексе в Сколково законодателям пришлось отменить или внести поправки в сто два (102!) закона.

Казалось бы, при таком «плотном» административном сопровождении у отечественных исследователей нет шансов для научного творчества, которое невозможно без обсуждений, семинаров, совместных работ, научной среды. Но самоорганизация, мечта, желание пробиться через тернии и административные барьеры к звездам порой творит чудеса. Понимание этого привело, например, к появлению Всероссийской общественной организации – *Нанотехнологического общества России*.

Оно было создано в 2008 году по инициативе выдающегося ученого, декана факультета наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, академика Юрия Дмитриевича Третьякова, исполнительного вице-президента Ядерного общества России Сергея Викторовича Кушнарева и автора этих строк. Такое общество – ещё один инструмент самоорганизации в важнейшей области, с которой может быть связан путь России в будущее. Это реальная возможность заинтересованному школьнику пообщаться с маститым академиком, предпринимателю с другого конца России обсудить свои проблемы с первыми лицами, курирующими развитие нанотехнологий в стране, да и просто посидеть с единомышленниками и поговорить о последних экспериментах, теориях, удачах коллег.

Эта книга во многом родилась благодаря таким обсуждениям, беседам, выступлениям, спорам. Именно поэтому в ней почти нет формул, таблиц, деталей. Важно представить целое и двинуться верным курсом, поймать ветер в паруса высокотехнологического сектора России. Это требует общего понимания, самоорганизации, совместного движения тысяч разных по своим взглядам, профессиональной подготовке и пройденному пути людей.

Прорыв в космос нашей страны показывает, что это возможно. Можно объединить мечтателей, энтузиастов и профессионалов. Подобный взлет как воздух нужен нашей цивилизации – миру России – в XXI веке.

*Неустойчивость мира и мир неустойчивостей.* Стоит обратить внимание читателей ещё на одну особенность книги. Это акцент на *неустойчивости*, на принципиально новом, на проблемах и возможностях, которых у России и у человечества ещё не было. С одной стороны, это связано с углом зрения, с самой сутью синергетики, которую сейчас часто определяют как *общую теорию неустойчивостей* в системах различной природы.

С другой стороны, именно неустойчивость стала неотъемлемой чертой развития мира, России, технологического пространства. В XIX веке в центре внимания физиков, химиков, социологов, инженеров, государственных деятелей было *равновесие* (с рудиментами такого мировоззрения мы сталкиваемся до сих пор довольно часто, вспомним пресловутые «системы сдержек и противовесов», «рыночное равновесие» и т.д.). В XXI веке среди главных слов будут *неустойчивость, нелинейность, неравновесность*.

В самом деле, очень быстро – на времени жизни одного поколения (живущего сейчас!) – происходит слом тенденций, определявших развитие человечества в течение *сотен тысяч лет*. Это касается и закона роста населения Земли, и характера природопользования, и типа экономического развития.

Предыдущая траектория, по которой двигалось человечество, теряет устойчивость. В самом деле, сейчас каждый год добывается больше энергоносителей, чем природа создавала за целый миллион лет. Для обеспечения нынешнего уровня потребления человечеству одной Земли уже недостаточно. Для удовлетворения стремительно возросших запросов уже требуется, как минимум, 1,5 Земли.

Мы живем в последние десятилетия не по средствам, очень далеко от равновесия, и продолжаться долго такой режим не может. *Нынешние технологии рассчитаны на десятилетия, и в ближайшем будущем нам предстоит найти алгоритмы развития, которые позволили существовать хотя бы века. С подобным вызовом наука и технологии ещё никогда не сталкивались.*

Важным элементом эволюции сложных систем являются *кризисы* – те состояния, в которых прежние ресурсы или стратегии оказываются неэффективны, система находится в трудном состоянии, и нужно найти новые источники развития и способы жизнеустройства. Однако кризис кризису рознь. Одни связаны с циклической динамикой мировой экономики, с переходом от одних технологических укладов к другим. Иные обусловлены *сменой главного энергоносителя* эпохи и могут приводить к мировым войнам. В ходе третьих меняется социальное устройство и может происходить *переход от одной общественно-экономической формации к другой.*

Однако то, что предстоит пережить человечеству, а с ним и отдельным цивилизациям, составляющим его, значительно масштабнее. *Самая близкая аналогия – неолитическая революция.* В ходе этой революции пришлось от охоты и собирательства на пустеющей планете перейти к земледелию и скотоводству, а затем к строительству городов и ускоренному технологическому развитию.

Человечеству предстоит пережить один из самых крутых поворотов в своей истории. И, конечно, здесь приходится надеяться на науку, новые технологии, на более высокий уровень ответственности всего мирового сообщества. Этим вопросам, которые, без преувеличения, касаются всех, и посвящена эта книга.

Часто человек оказывается консервативен. Он вытесняет из сознания шокирующие, неприятные вещи, уходит от принятия решений, надеясь, что всё и так как-нибудь устроится. В нас живет иллюзия равновесия и постоянства, ощущение, что завтра будет примерно таким же, как сегодня. Поэтому требуется воображение и интеллектуальные усилия, чтобы осознать новые вызовы и осмыслить с этой позиции свою деятельность, окружающую реальность и главное – перспективу.

При этом, чтобы найти приемлемый выход, приходится думать не только о способах получения энергии, производства продовольствия, рециклинга отходов или создания новых материалов. *Предстоящие изменения будут масштабными и системными, затрагивающими экономику, социальное устройство, внутренний мир самих людей.*

В самом деле, важнейшие экономические структуры, складывавшиеся веками, перестают «работать». К августу 2011 года американская экономика – крупнейшая экономика мира – превысив лимит государственного долга в 14,3 трлн долларов оказалась на грани банкротства. О каком равновесии может идти речь, если в течение последних 40 лет темпы роста денежной массы намного превышали темпы роста реального сектора экономики, то есть производства не «виртуальных», а реальных товаров и услуг? В самом деле, мировой валовой продукт сейчас оценивается примерно в 60 трлн. долларов (доля США в нем не превышает 18%), в то время как объём совокупной денежной массы оценивается в 1200 трлн. долларов. Другими словами, 95% обращающихся в мире денежных знаков не имеют никакого обеспечения. Наверно, потомки будут искренне удивляться, в какой странной экономической реальности жили люди в начале XXI века.

Многие неустойчивости, начиная от лесных пожаров и кончая финансовыми крахами, очень коварны. Сначала кажется, что ничего существенного не происходит, и в общем-то можно вообще ничего не делать. Затем всё стремительно приобретает громадный размах, ситуация выходит из-под контроля, и вдруг оказывается, что к такому повороту событий системы управления совершенно не готовы. Очень часто требуются громадные усилия и нестандартные решения, чтобы справиться с ситуацией.

Заметим, что это традиционный сюжет многих русских сказок и былин. И Иван-дурак, и Емеля, и Илья Муромец очень долго ничего не делают, чтобы затем, совершив несколько подвигов, обратить ситуацию к общей пользе. Возникновение таких образов и сюжетов естественно и оправданно в зоне рискованного земледелия, где порой «один день год кормит», а иногда систематическая, усердная работа в течение года идёт на-смарку из-за капризов погоды.

За народными сказками лежат алгоритмы реагирования массового сознания на вызовы реальности. Тут можно «плыть по течению», здесь разобраться «всерьёз это или как всегда», там «подождать, пока не на напомнят трижды». Однако нынешняя ситуация в промышленности, образовании, науке, инновационной и технологической сферах такова, что время ожидания исчерпано. Период исторического безвремения заканчивается. Пора решать и действовать.

И здесь один конкретный пример проясняет ситуацию лучше многих общих рассуждений. Довольно давно была поставлена задача удвоения валового внутреннего продукта (ВВП). Наблюдается избыток слов, заявлений, деклараций при остром дефиците конкретных дел (заметим, что в сфере промышленного и сельскохозяйственного производства новая Россия вышла на рубеж 85–90% от уровня РСФСР 1990 года). Удвоение – много это или мало?

Памятуя, что нет пророка в своем отечестве, обратимся к опыту других стран, всерьёз занимавшихся модернизацией и решавших проблемы экономического роста во второй половине XX века.

Одним из хрестоматийных примеров в этом плане является Сингапур. С 1963 года в этой стране проводится модернизация под руководством правящей с того времени Партии народного действия. Важной особенностью развития страны стала *ставка не на существующий или прежний, а на новый технологический уклад* (в 1970-е годы это был пятый уклад, связанный, в частности, с форсированным развитием электроники). В стране, начавшей почти с нуля, сейчас на высоком уровне находится производство электроники, судостроение, развивается робототехника, имеет место сильный сектор финансовых услуг. Сингапур – один из крупнейших портов мира. Несмотря на отсутствие многих природных ресурсов (страна импортирует продовольствие и даже воду), Сингапур смог за несколько десятилетий совершить прорыв в число развитых стран, стать одним из крупнейших финансовых и торговых центров Юго-Восточной Азии.

*За пятьдесят лет экономика Сингапура выросла примерно в 300 раз – с 700 млн долларов валового внутреннего продукта (ВВП) до более 200 млрд долларов США* (при населении в 5 миллионов человек ВВП страны составляет примерно 1/10 ВВП Российской Федерации). В 2010 году темпы роста ВВП составляли 14,5%

То же относится и к другим странам, желающим изменить своё место в мировом экономическом пространстве, увидеть его неустойчивости и воспользоваться ими. ВВП Китая за 30 лет увеличился в 14 раз.

Чтобы всерьёз говорить о модернизации и, тем более, осуществить её, России надо иметь *свой* большой проект, осваивать возможности *нового технологического уклада* и обеспечить *быстрый по мировым меркам экономический рост* (превышающий 10% в год). Другие страны в последние десятилетия прошли по этому пути. Не заказан он и для России.

Неустойчивость – это не только угрозы, опасности и риски, но и возможности, шансы, перспективы. Их мы также обсудим в этой книге.

### **О чем эта книга**

Когда мне хочется прочесть книгу,  
Я её пишу.

*Б. Дизраэли*

Говоря коротко, это пособие по самоорганизации для всех тех, кто надеется на технологический взлет нашей страны, верит в Россию и связывает с ней своё будущее.

В учебниках по государственному управлению часто пишут, что руководитель имеет в своем распоряжении всего лишь 5 инструментов – *структуру организации, финансы, кадры, ресурсы* (которые во множестве случаев не сводятся к деньгам) и *информацию*.

Однако, чтобы общество шло в будущее, эффективно отвечало на вызовы с которыми столкнулось, нужно большее. *Нужны видение будущего, далекие впечатляющие цели, позволяющие строить стратегии и намечать планы, нужны единомышленники, живущие в разных регионах и относящиеся к разным поколениям.* Большие проекты требуют усилий людей нескольких поколений. И здесь не обойтись без *мечты* и без *самоорганизации* вокруг завтрашнего дня, который зависит от того, что мы делаем здесь и сейчас. Но для того, чтобы заглядывать в будущее и трезво оценивать коридор возможного, следует опираться на сегодняшнюю науку и на ту, которая понадобится нам завтра.

Именно такой науке, перспективам России и высоким технологиям в нашем отечестве и посвящена эта книга.

Конечно, от подобных проблем можно легко отмахнуться, сказав, «что всё это политика» и еще успокоив себя мыслью, что «политика – грязное дело» и «на нас это не касается». Но откроем словарь и прочитаем *«политика* (греч. *politika* – *государственные и общественные дела*) – *сфера деятельности, связанная с распределением и осуществлением власти внутри государства и между государствами. Политика как особая форма социальной деятельности возникает вместе с государством и той иерархической системой власти, которая призвана обеспечить гражданский порядок на основе четкого разграничения отношений господства и подчинения*».

И в этом отношении книга, которую вы держите в руках, не о политике, не о том, как прийти к власти или лучше её осуществлять. Кроме того, всегда находятся люди, готовые поруководить своими ближними, что в очереди за хлебом, что в школьном родительском комитете, что в министерских коридорах. Об этом можно не беспокоиться.

Эта книга о том, в каком мире могли бы жить наши дети и внуки, какой будет место России в нем, какой мы оставим планету нашим потомкам. Наверно, об этом должен думать каждый взрослый человек, готовый брать на себя ответственность. Ответственность – доля взрослых людей, независимо от того, сколько им лет. Думаю, что они и будут главными читателями этой книги. Надеюсь, что в нашем отечестве таких людей немало.

Обычно пишут, что круг читателей той или иной книги может быть очень широким. Но в данном случае дело действительно может обстоять именно так. В своё время мой учитель, выдающийся специалист в области прикладной математики и междисциплинарных исследований, директор Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук (ИПМ) Сергей Павлович Курдюмов говорил мне: *«Школьникам и академикам надо рассказывать одинаково. Первые знают*

*очень мало, вторые – очень много, но тут противоположности сходятся. И тех, и других волнует перспектива, будущее, то, что за горизонтом. Остальных волнует то, что поближе».*

В справедливости этого взгляда я неоднократно убеждался выступая в самых разных аудиториях от Президиума Российской академии наук и коллегий министерств до школьных классов и студенческих занятий.

Работая в течение десятка лет заместителем директора по научной работе Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН – одного из ведущих институтов Российской академии наук в области прикладной математики, – я много раз видел, как блестящие разработки, выдающиеся ученые, замечательные проекты вновь и вновь остаются не у дел. Помнится, в средней школе любили давать темы сочинений про «лишних людей» – Чацкого, Онегина, Печорина, Базарова. А тут «лишними» оказались научные школы, целые направления исследований, сотни тысяч ученых, институты мирового уровня...

Это тем более странно, поскольку с 2000 года первые лица государства говорят о необходимости перейти от «экономики нефтегазовой трубы» к «экономике знаний», о «модернизации страны». «Порвалась времен связующая нить», – сетовал шекспировский герой. Как же связать эту нить, как воспользоваться научно-техническим потенциалом России? Где то главное, на чем следует сосредоточиться? Обсуждению этих проблем и посвящена книга.

### **Оптимизм и надежда**

Тот, кто не хочет прибегать к новым средствам, должен ожидать новых бед.

*Ф. Бэкон*

Стоит сказать ещё об одной особенности книги – это *оптимизм и надежда на то, что и миру удастся справиться со многими острыми проблемами, и Россия сможет встать с колен*. Для этого есть много объективных оснований. Многие цивилизации, этносы, страны находили эффективные, порой парадоксальные, ответы на те вызовы, с которыми сталкивались. Впрочем, не стоит забывать, что такие ответы находили не все. За 1000 лет российской истории наш народ не раз достойно выходил из тяжелейших испытаний.

Однако есть и субъективный элемент. Прогноз, проект, стратегия, перспективность научного направления или технологического решения не может быть доказана с ясностью и строгостью математической теоремы. Слишком много зависит от удачи, конкретных людей, действий субъектов, соответствия тому времени, в которое решается задача. Наверно, и в начале «сингапурского чуда» многие скептики доказывали, что это невозможно, что выбранный проект модернизации не согласуется ни с социальными и экономическими теориями, ни с мировой практикой. В таких случаях именно успех является доказательством.

Оптимистичный взгляд во многих случаях является более конструктивным. Дело в том, что не стоит впадать в грех уныния, даже глядя на результаты 20-летних усилий российских реформаторов. Фридрих Ницше советовал больным быть оптимистами – оптимизм и установка на успех могут помочь лечению, в то время как пессимизм навряд ли.

Сам научный подход дает много поводов для оптимизма. Следующие поколения ученых раз за разом делают то, что предшественникам казалось невозможным. Да и трудно без оптимизма и веры в удачу браться за новые проблемы. Кроме того, российские ученые – «оптимисты в квадрате». За годы реформ из науки ушло более половины

исследователей. Тем, кто в ней остался, очень повезло. Поэтому о будущем здесь говорится в более светлом и оптимистическом ключе, чем во многих других работах.

Для сравнения можно привести оценку известного футуролога и аналитика из Санкт-Петербурга Сергея Переслегина: *«Сегодня между лидерами развитых стран достигнуто взаимопонимание по вопросу о необходимости стимулирования технологического развития. В мире формируется технологический мейнстрим – схема развития, подразумевающая взаимосвязанное и системное развитие четырех вообще говоря, совершенно разных технологий, инфо-, био-, нано-, эко-. Поскольку развитие любой из этих технологий в любой её версии несовместимо с существованием индустриальных экономических, политических и культурных механизмов, а также с постиндустриальной онтологией, ситуация на «мировой шахматной доске» резко обострилась ... В течение 20 лет нас ждет тотальная постиндустриальная катастрофа, либо постиндустриальный переход с полной перестройкой жизненных форматов. Первое, конечно, много вероятнее, хотя, заметим, даже катастрофа вариантна и может быть усилена или ослаблена, ускорена или замедлена»<sup>3</sup>. Как видим, сказано примерно то же, что и выше, но тональность и акценты иные.*

Или другой взгляд на реальность XXI века, предлагаемый американским исследователем, выпускником Московского физико-технического института Виктором Криворотовым: *«Война – это внеэкономическое стимулирование отработки новых технологий с доведением до действующих образцов. После войны они уже готовы к переводу в гражданскую сферу. Инвестиции в новую неотработанную индустрию не принесут отдачи. Нужно, чтобы кто-то вначале вложил деньги внеэкономически. Этот кто-то как правило, государство в военных условиях, когда чисто экономические соображения отходят на второй план».*

Как видим, это уже не Карл фон Клаузевиц, который в XIX веке вывел классическую формулу «Война – это продолжение политики другими средствами». Здесь иное – «Война как инструмент технологического перевооружения мировой экономики»<sup>4</sup>. Из этой логики следует достаточно жесткий прогноз на ближайшее десятилетие, предсказывающий военную нестабильность и конфликты, в которые прямо или косвенно будут вовлечены ведущие экономики мира и основные субъекты мировой политики. Однако пусть первым бросит камень в авторов прогноза тот, кто исключает возможность такого поворота событий особенно сейчас, после первой волны мирового финансово-экономического кризиса (2008–09) и той грани дефолта, к которой подошла американская экономика летом 2011 года.

Известное римское изречение гласит: «Тот, кто предупрежден, тот вооружен». В нынешней реальности это справедливо более, чем когда-либо – огромные преимущест-

---

<sup>3</sup> Фрагмент взят из статьи – Переслегин С.Б. *Через постиндустриальный барьер*// Курс Русский проект, апрель 2011, с.53-56. Сообщество, которое он представляет, опирается на технологии планирования, созданные в генеральных штабах, и на анализ возможностей и альтернатив, обсуждаемых писателями-фантастами. Это позволило проанализировать варианты будущего в его геополитическом измерении. Их обсуждение, в частности предложено в книге Переслегина С.Б. *Самоучитель игры на мировой шахматной доске.*–М.: АСТ, СПб, Terra Fantastica, 2005. – 619 с. Геополитические игры очень важны. Однако не менее существенно, чтобы для таких «игр» у нашей страны находились «фигуры» – высокие технологии, сильный инновационный сектор экономики, перспективные системы вооружений, коллективы и люди, которые могут создавать всё это и понимают «новые правила», по которым России придется «играть» в XXI столетии.

<sup>4</sup> Рубченко М. На излете нефтяной эпохи// Эксперт 2010, № 3827, 27.09-30.10.2010, с. 42-49. И в основе этого мрачного прогноза также лежит социально-экономическая теория (теория техноценоза), построенная на основе представлений синергетики и изложенная, например, в книге *Бадалян Л.Г., Криворотов В.Ф.* Динамическая модель исторических экономик// Проблемы математической истории: Математическое моделирование исторических процессов/ Отв. ред. Г.Г.Малинецкий, А.В.Коротаев. – М.: ЛИБРОКОМ, 2008. С.49-77.

ва получает тот, кто может «просчитать будущее» лучше своих оппонентов. И кроме того само предупреждение, известное элитам или обращенное в массовое сознание, может стать важным фактором, меняющим это будущее. Мы все чаще оказываемся в мире «самосбывающихся прогнозов». И поверьте – быть оптимистом в таком мире не легко, но очень важно.

Поэтому стоит обратить внимание ещё на один повод для оптимизма, непосредственно следующий из моделей синергетики и результатов «нелинейной науки», которая активно развивается в последние полвека. Благодаря широкому использованию компьютеров и внедрению математического моделирования в различные сферы деятельности, её популярность быстро растёт. Термины, пришедшие из неё – точка бифуркации, горизонт прогноза, режим с обострением, самоорганизованная критичность, диссипативная структура, сложность, самоорганизация и некоторые другие сейчас у всех на слуху. Специалист по нелинейной динамике стал главным положительным героем и глашатаем здравого смысла в классическом фильме Стивена Спилберга, положившим начало моды на динозавров, – «Парк Юрского периода». И действительно – нелинейная наука меняет наш взгляд на мир.

Одним из самых блестящих умов наполеоновской эпохи был выдающийся математик, механик, астроном Пьер Симон Лаплас. Его имя вписано в небесную механику и электродинамику, в математическую физику и теорию вероятностей. Его высоко ценил Наполеон. Он даже пытался использовать выдающиеся способности этого исследователя на ниве управления государственными финансами.

По мнению Лапласа, ум, достаточно мощный, чтобы вобрать в себя координаты и скорости всех частиц во вселенной, может заглянуть как угодно далеко вперед в будущее или назад в прошлое. (Такой взгляд получил название «лапласовского детерминизма» от английского to determine – определять; в самом деле, исходя из этой классической ньютоновской картины, будущее однозначно определяется настоящим).

И дело не в том, насколько нынешние компьютеры, оперирующие миллиардами чисел, близки к подобному «уму». Дело в принципе – в отсутствии «свободы воли», говоря языком философов, в предопределенности всего происходящего.

В 1963 году американским метеорологом Эдвардом Лоренцем была исследована (с помощью компьютера) простейшая модель, описывающая конвекцию в атмосфере непосредственно связанную с погодой. И оказалось, что даже в этом простейшем «игрушечном» случае всё обстоит совсем не так, как представлял Лаплас!

В этой модели процессы детерминированы – будущее однозначно предопределяется настоящим. Но ... сколь угодно малая ошибка в определении начального состояния системы (в ходе измерений такие ошибки неизбежны) приводит к удивительному результату. Через характерное время, называемое «горизонтом прогноза», мы полностью теряем информацию о состоянии системы, какими бы мощными компьютерами не пользовались. Так устроена наша реальность, люди не в силах этого изменить. Поэтому с надеждами на глобальные прогнозы и идеями предопределенности приходится расстаться.

Подобные сюжеты проигрывали фантасты («И грянул гром» Рея Брэдбери, «Конец вечности» Айзека Азимова), но математики наглядно показали это с помощью простых моделей. После Лоренца исследователи убедительно подтвердили такую картину результатами конкретных экспериментов и наблюдений за различными сложными системами, а также поняли причины этого.

Суть заключается в том, что в таких системах малые причины могут иметь большие следствия. Вселенная, общество, да и сам человек выступают как гигантские усилители слабых сигналов или малых воздействий.

Может быть, это один из самых оптимистических результатов науки XX века. В самом деле, это свойство усиления малого (математики говорят о «чувствительности к начальным данным»), типичное для нашего мира, дает надежду, что небольшие усилия, предпринятые в одной из частей системы, могут изменить свойства целого. Необходимость ответственности за свои действия и за те послания, которые мы несем миру, становится следствием свойств нашей реальности.

С другой стороны, наличие горизонта прогноза означает, что действовать надо здесь и сейчас, не сваливая вину за неудовлетворительное состояние системы на далеких предков или политические режимы полувековой давности. Так же, как прибор смывает письмо на песке, так и мы вновь и вновь имеем другие конфигурации, которые несут нам свои риски и предоставляют свои возможности. Это заставляет делать выбор и нести за него ответственность. Удивительным образом математические модели показывают бесперспективность «борьбы с прошлым».

Разумеется, не все малые воздействия будут восприняты, усилены и сыграют свою роль. Но сами эти возможности дают надежду!

Просматривая рецензии на публикуемые книги, видишь, что множество научных изданий выходят тиражом 300–500 экземпляров. Работы, ориентированные «на широкий круг экспертов», достигают тиражей в 1000; для мировых бестселлеров, имевших успех в десятках стран, – 5000. Согласитесь, что для нашей страны, в которой более 140 миллионов граждан, это не слишком много. Но, возможно, именно в одной из них найдутся мысли, которые приведут к делам, способным изменить наше будущее к лучшему, и люди, которым эти мысли будут нужны.

И если 9999 попыток закончились неудачей, то разве не стоит предпринять ещё одну? Нашей реальности стоит предоставить выбор. И прежде чем получить убедительные, конструктивные, дающие силы ответы, разве не стоит задать вопросы? Попробуем?

Ещё один повод для оптимизма энтузиастов от высоких технологий дает исторический аспект. В советские времена председатель Союза писателей обратился к генеральному секретарю (в те времена первому лицу государства) и посетовал, что его коллеги по литературному цеху недостаточно подкованы по политической и идеологической части. Ответ, который он услышал, вошёл в историю: «Других писателей для Вас у меня нет». Но и сейчас мы вновь и вновь сталкиваемся с похожей ситуацией!

Поэтому и собрания первых и вторых официальных лиц, и документы достопочтенных министерств рано или поздно начинают повторять те мысли, идеи и формулировки, которые рождаются в научно-техническом сообществе и принимаются им. С точки зрения развития высоких технологий и инноваций, важным документом является Указ «Об утверждении приоритетных направлений развития науки и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».

Несколько слов о смысле и концепции критических технологий. В своё время, в США, в бытность министром обороны Роберта Макнамары, было проведено исследование факторов, определяющих развитие перспективных образцов военной техники. Высокий уровень секретности, масса дублирующих разработок, компании лоббистов, огромная степень бюрократизации, неудержимое стремление чиновников отдать «лакомые куски» оборонного заказа «своим» фирмам тормозили развитие этой сферы и требовали иных управленческих и социальных технологий.

Решено было пойти именно тем путем, по которому идёт природа и человек, когда он осмысливает окружающую реальность. Этот путь – *выделение параметров порядка*. Здесь речь шла о выделении таких параметров в инновационном и технологическом пространстве, о выявлении тех направлений, которые обеспечат новое качество вооружений, позволят уйти в отрыв. Именно такими параметрами порядка и стали

*критические технологии* – те направления науки и производства, прогресс которых может *качественно* улучшить системы вооружений.

Такой подход, с одной стороны, позволил сэкономить на том этапе развития американского оборонного комплекса более 10 миллиардов долларов в год (ликвидировав дублирование и сосредоточив усилия на главных направлениях) и более эффективно организовать и научные исследования, и конструкторские разработки, и производство.

В нашей стране пионером такого подхода был специалист по искусственному интеллекту и планированию оборонных программ, академик и генерал, Гермоген Сергеевич Поспелов. Он предложил перейти от оборонных программ *к анализу, прогнозированию развития и выявлению критических технологий для всей экономики страны*. В последующую эпоху развала и безвременья эта работа, по сути, была прекращена в надеждах, что «рынок всё отрегулирует». Бумаги про «критические технологии» в министерстве по-прежнему писались. Со временем число таких технологий превысило 200, и вся эта деятельность совсем потеряла смысл (когда приоритетов так много, то это означает, что их нет...).

Порядок в этой области начали наводить только в последние годы. И «направления» и «критические технологии» и разбирались, и обсуждались и в Нанотехнологическом обществе России, и на других площадках. Предыдущие «направления» и «критические технологии» удивляли. Они в массе своей относились к предыдущему, а не к текущему и, тем более, не к следующему технологическому укладу (последнее, с точки зрения инноваций, было бы особенно уместно). С другой стороны, какие-то очень важные аспекты просто выпадали из поля зрения авторов документов. Россия вступила в полосу техногенных катастроф, и технологии, направленные на снижение техногенных рисков, должны были бы идти с высоким приоритетом. Однако их не было.

В предыдущей редакции «Указа» вообще среди «Направлений» не упоминались *нанотехнологии*. Многие чиновники и эксперты, с которыми мне довелось это обсуждать, видели в этом образец особой государственной мудрости: «Нанотехнологии – они везде, и пронизывать должны всё, а поэтому и упоминать их никакой нужды нет».

И вот скорректированный и принятый в 2011 году вариант Указа. В «приоритетных направлениях» – «2. *Индустрия наносистем*». В «критических технологиях» – «7. *Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий*», «8. *Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии*»; «11. *Технологии диагностики наноматериалов и микросистемной техники*», «16. *Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов*», «17. *Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов*» (6 из 27 критических технологий с «нано»). И риски представлены – «19. *Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации её загрязнения*», «21. *Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера*». И в «направлениях» с первым приоритетом идёт «1. *Безопасность и противодействие терроризму*». Множество конкретных предложений коллег по Нанотехнологическому обществу России (НОР) и Экспертному совету МЧС России учтены! Писавшиеся исследователями и экспертами бумаги были прочтены, рассмотрены и пошли в дело.

Чего же ещё желать? Наверно, хорошо было бы, чтобы этот документ, который должен определять направления развития науки, техники и технологий, появился бы в этой редакции лет на 10 раньше.

Но главное – очень важно, чтобы значительная часть из заявленного и запланированного была воплощена, реализована и принята к исполнению. В этом есть оптимизм и надежда. Оптимизм в том, что, наконец, «писателей» прочитали. Надежда же на

то, что у тех, кто так долго запрягал, появится желание и возможность поехать побыстрей. Для них и написана эта книга.

...

## Благодарности

Эта книга родилась в ходе обсуждений, споров, дискуссий, при подготовке докладов и лекций, в ходе участия во многочисленных конференциях в Москве, Санкт-Петербурге, Казани, Уфе, Чебоксарах, Сарове, Саратове, Воронеже, Пушкино, Дубне, Зеленограде. Поэтому поблагодарить всех, кто прямо или косвенно содействовал появлению этой книги, невозможно. Однако поблагодарить некоторых из них за их помощь и поддержку считаю необходимым.

Мысль написать подобную книгу высказывалась С.П.Курдюмовым более десяти лет назад. И меня очень радует, что этот замысел моего учителя дошёл до практически воплощения.

Многое из написанного обсуждалось в ИПМ, на семинаре «Будущее прикладной математики». Искренне признателен сотрудникам Института, коллегам из научно-образовательного центра ИПМ – участникам этого семинара – А.В.Подлазову, Н.А.Митину, В.И.Антипову, П.Л.Отоцкому, И.В.Десятову, Г.И.Змиевской, Ю.Б.Котову, А.В.Гусеву, С.К.Маненкову. В появлении этой книги очень велика роль В.В.Шишова, верившего в большое будущее прикладной синергетики, в становление когнитивной отрасли промышленности, и очень много сделавшего для этого. Представление этих идей на нескольких сайтах, ставшее возможным благодаря энергии В.С.Курдюмова (сайт [www.spkurdyumov.nered.ru](http://www.spkurdyumov.nered.ru)), О.Ю.Федориной (сайты [www.keldysh.ru](http://www.keldysh.ru), [risk.keldysh.ru](http://risk.keldysh.ru)), В.В.Лукину ([www.nonlin.ru](http://www.nonlin.ru)), В.А.Гумарову ([www.rusnor.org](http://www.rusnor.org)).

О многих общих вещах, связанных с научной и инновационной стратегией, мне пришлось задуматься в ходе создания и дальнейшей деятельности Нанотехнологического общества России. Благодарен декану факультета наук о материалах МГУ им.М.В.Ломоносова, академику Ю.Д.Третьякову и исполнительному директору Ядерного общества России С.В.Кушнарёву, с которыми мы создавали общество, и тем, кто присоединился и нам позже – президенту фирмы NT-MDT В.В.Быкову из Зеленограда, Р.С.Макину из Димитровграда, А.И.Агееву из Института экономических стратегий, Д.Д.Грачёву, ведущему образовательную нанотехнологическую программу в Российском университете дружбы народов, Л.Н.Патрикееву из Национального исследовательского ядерного университета, М.И.Киселёву из Московского государственного технического университета им.Н.Э.Баумана.

Очень большую роль в осмыслении связи между потребностями, смыслами и ценностями общества и стратегиями развития высоких технологий сыграли обсуждения с сотрудниками Института философии РАН – академиком В.С.Стёпиным, В.И.Аршиновым, В.Г.Будановым, В.Е.Лепским, а также заседания Клуба инновационного развития Института философии.

Очень большую роль в формировании инновационной стратегии может сыграть проект «Комплексный системный анализ и математическое моделирование мировой динамики». Искренне признателен ряду его руководителей и участников за плодотворное обсуждение этих проблем – академику В.А.Садовничему, иностранному члену РАН А.А.Акаеву, а также А.В.Коротаеву, С.Ю.Малкову, Д.С.Чернавскому, В.Б.Бриткову, Л.Г.Бадалян, В.Ф.Криворотову.

Для исследователей очень важно, чтобы их модели, проекты, стратегии воплощались в конкретные законы, в деятельность руководства регионов. Выражаю искреннюю благодарность коллегам, работающим в Государственной Думе – академику

В.А.Черешневу, депутату О.Н.Смолину, эксперту Госдумы В.И.Бабкину, показавшим мне коридор возможного в сфере современного российского законодательства и примеры отстаивания интересов высокотехнологического комплекса страны и российского образования. Искренне признателен Ю.П.Волошину, который в бытность свою вице-премьером Чувашской республики и позднее, во время работы в Торгово-промышленной палате Чувашии, самым активным образом поддержал усилия Центра компьютерного моделирования и экспертного анализа ИПМ им.М.В.Келдыша РАН по проектированию будущего этого региона.

В своё время Сергей Павлович Курдюмов привлёк меня к работе в Российской академии государственной службы при Президенте РФ (ныне Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ), считая, что междисциплинарные подходы, стратегический прогноз могут сыграть ключевую роль в подготовке будущих руководителей страны. Признателен своим коллегам В.Л.Романову и О.Н.Капелько, разделяющим эти взгляды.

В настоящее время очень важен энтузиазм, энергия, надежда на науку. В полной мере в последние годы их проявляли один из создателей университета «Дубна» Е.Н.Черемисина, сотрудник Университета управления Правительства Москвы, профессор Г.Ф.Шилова, редактор журнала «Рециклинг отходов» Г.И.Цуцкарёва, а также президент Фонда «Высокие технологии-XXI» П.М.Провинцев, ректор Российского нового университета В.А.Зернов.

Огромное им спасибо!

Искренне признателен коллегам, которые помогли мне с оформлением рукописи С.А.Торопыгиной, Е.З.Ермолаевой, В.Г.Комаровой.

В течение многих лет активность в издании книг, посвящённых будущему России, поддерживает издательство УРСС и его сотрудники Д.М.Рикой, В.О.Малашенко, И.В.Макеева, Л.М.Чирок, Лю Го Хва.

Искренне признателен А.Ю.Урманцевой, показавшей мне, как ярко и талантливо можно представить результаты работ по проектированию будущего и разработке высоких технологий, пользуясь средствами телевидения, и с каким мастерством и виртуозностью ряд телеканалов, с которыми мы работали, избегает этой завидной возможности.

Как видите, список тех, кого нельзя не поблагодарить, довольно велик. Надеюсь, что со временем, с развитием инновационной экономики в нашем отечестве, он станет ещё больше.