

# Инновационный кризис, политика, самоорганизация

*Руководители России, судя по основополагающим документам, не рассчитывают на изобретателей, на инженерный и научный корпус страны, надеясь на уже созданные технологии, добычу и продажу невозполнимых природных ресурсов, на финансовые маневры. Имеет место инновационный кризис, особенно опасный в условиях санкций и блокирующий возможность прорыва. С системных, междисциплинарных позиций рассматривается цикл воспроизводства инноваций в современной России. Предлагается ряд решений, которые помогли бы достаточно быстро выйти из нынешнего инновационного кризиса.*

**Ключевые слова:** инновационный кризис, гуманитарно-технологическая революция, перспективный технологический уклад, самоорганизация, цикл воспроизводства инноваций, синергетика, черные лебеди, технологический суверенитет, цифровая реальность, эпоха инженеров, степенные законы, идеология, инновационная политика, проектное образование.

## Постановка задачи

В настоящее время и Россия, и мир в целом находятся в точке бифуркации. Потенциал глобализационного проекта, в рамках которого развивалась мир-система, во многом исчерпан. Прежняя траектория, по которой двигалось мировое сообщество, теряет устойчивость, в ближайшее десятилетие определяются контуры нового мироустройства.

Какое место в этом новом мире займет Россия? Сложившиеся тенденции крайне неблагоприятны для нашей цивилизации — мира России. Ее место на мировой экономической карте сокращается — Индия, Китай, США, Германия, Франция развивается существенно быстрее. За последние 30 лет на 70 млн сократилось число людей, считающих русский язык родным. Россия не обладает в настоящее время технологическим суверенитетом — многие виды критически важной продукции в стране не делаются (это наглядно показывает статистика импорта жизненно важных лекарственных средств и элементной базы...). Именно поэтому санкции США и ЕС могут оказаться серьезным испытанием для нас. Ответом на этот главный для страны вызов — вызов отсталости — должна стать стратегия прорыва, обозначенная в послании Президента Федеральному Собранию 01.03 2018 г. [1]. Значение политических решений, представленных в этом документе, трудно переоценить. Но как их выполнить?

В Послании, а также во многих других основополагающих документах, в которых намечен вектор развития России на ближайшие десятилетия, нет трактовки инженерной мысли, изобретательства,



**Г. Г. Малинецкий,**  
**д. ф.-м. н., профессор, заведующий**  
**Отделом математического моделирования**  
**нелинейных процессов ИГМ**  
**им. М. В. Келдыша РАН**  
**GMalin@Keldysh.ru**

технологического развития, системы образования как важнейших инструментов преобразования страны. На эти сферы жизнедеятельности и на людей, работающих в них, российские элиты не надеются. По-прежнему, главный акцент сделан на добыче и продаже невозполнимых природных ресурсов (по сути дела, на обслуживании других цивилизаций) и на финансовых маневрах. Статистика показывает, что сделанных в России изобретений, созданных технологий, предложенных организационных решений, которые были внедрены и существенно повлияли на производительность труда и экономический рост, на удивление мало. По оценкам ряда экспертов, производительность труда в нашей стране в 10 раз ниже, чем в США и в 4 раза ниже, чем в Китае. Все это приводит к тому, что государству становится все труднее выполнять взятые на себя социальные обязательства — мы живем не по средствам...

Все это в большой степени является проявлением инновационного кризиса, — вместо того, чтобы вырваться вперед в главном — в сфере производства, — опираясь на новые технологии, созданные в стране, мы продолжаем отставать. Говоря словами выдающегося ученого и одного из создателей атомной промышленности страны академика И. В. Курчатова, нам надо сейчас в достаточно короткий срок научиться «обгонять, не догоняя», совершить рывок, сравнимый с Атомным и Космическим проектами СССР. Без этого прорыва не будет.

Как выйти из инновационного кризиса, обсуждалось, например, в книгах [2, 3]. Однако ситуация меняется и становится все более острой. Это вновь и вновь ставит вопрос «Что делать?». Историческое вре-

мя и многие имевшиеся возможности были упущены. Поэтому с одной стороны, нужен более широкий — системный, междисциплинарный взгляд на инновационное развитие — отдельные решения, стратегии, персоналии на этом уровне несущественны — стране надо менять курс. С другой стороны, пришло время сосредоточиться на главных угрозах и возможностях, поэтому предлагаемые решения должны быть достаточно конкретны. И фрагменты такого междисциплинарного анализа, и ряд подобных решений и представлены в этих заметках.

Исходя из этого, предлагаемые решения мы и будем формулировать в конце каждого раздела.

## Самоорганизация, организация и параметры порядка

Стратегия без тактики замедляет решение поставленных задач, тактика без стратегии превращается в суету.

Из лекции в военной академии

Стратегия имеет приоритет перед политикой, безопасность страны и благополучие ее граждан — перед накоплением богатств или обеспечением каких-либо других макроэкономических показателей, или наличия каких-нибудь социальных институтов, которые являются лишь средствами для решения главных задач. Цели имеют приоритет перед средствами.

Поэтому начинать следует с целей и образа желаемого будущего. И то, и другое опирается на долгосрочный научный прогноз, на смыслы и ценности нашей цивилизации. Все это в совокупности и определяет идеологию, без которой цивилизация решая свои, а не чужие задачи, развиваться не может.

Системная ошибка, сделанная реформаторами в 1991 г., состоит в том, что есть единые, универсальные рецепты, следуя которым надо копировать траектории развития стран-лидеров. Это типичная «ошибка плохого ученика», который, не желая решать свою задачу, списывает у отличника, забывая, что у него другой вариант. Поэтому, естественно, что отличник получает пятерку, а двоечник, в тетради которого написано то же самое, свою заслуженную двойку. История без малого 30 лет новой России показала, что капитализм, несмотря на все догмы либерализма и заимствование социально экономических институтов западных стран не обеспечил ни более быстрого экономического роста, ни большого благополучия для большинства населения, чем социализм.

Другая ошибка связана с неверной трактовкой самоорганизации, как в международных отношениях, так и в экономике. Самоорганизация — спонтанное возникновение упорядоченности, структур, механизмов функционирования — действительно является одной из важнейших концепций в науке XXI в. [4]. По мнению академика В. С. Степина теория самоорганизации — синергетика — будет ядром формирующейся в настоящее время научной картины мира. Одно из проявлений самоорганизации — языковые войны — увеличение доли населения в мире, говорящих на самых распространенных языках при исчезновении языков, на которых говорят немногие.

Проект глобализации исходил из того, что в результате самоорганизации сложится единый мир-организм. Одни страны и регионы (конечно, США) будут его «мозгом», другие страны — мастерскими (сейчас Китай, а далее, видимо, Индия) — руками, а другие навсегда встроится в такую мировую систему и возьмут на себя функции менее престижных органов.

Отсюда уже забытые лозунги превратить Россию в «энергетического гаранта», в «сырьевую империю». Отсюда и «императив потребителя», утверждающий, что в отличие от советской системы образования, которая готовила творцов, в новой России надо готовить «квалифицированных потребителей» (очевидно, созданного в других странах).

Идея единой мировой империи не нова. Наполеон рассчитывал объединить под своей эгидой Европу, устранив Англию и Россию, мешавшие этому проекту. Семейство Ротшильдов в XIX в. активно продвигало не только введение универсальных единиц измерения (метрической системы), но и единой для всего мира денежной единицы. Очень высок был уровень глобализации перед Первой мировой войной.

В течение многовековой истории не прекращались попытки государства-гегемона добиться в той или иной форме мирового господства и, вместе с тем, они никогда не удавались на сколько-нибудь длительный срок. Главная причина этого — неравномерность, разные темпы развития различных частей мир-системы. В конце XIX в. это понималось на гуманитарном уровне, с начала XXI в. — на уровне математических моделей, описывающих и прогнозирующих такие неустойчивости.

Принципиальный выбор, который делает общество и государство — быть субъектом или объектом мировой истории. Быть объектом, выполняя указания субъектов, правящим элитам проще. Однако обслуга никогда не будет жить лучше хозяев, кроме того, в кризисных ситуациях объектами жертвуют в первую очередь. Субъектность требует больших усилий, ответственности; она несет риски, связанные с выбором собственного пути. Копировать гораздо легче, чем создавать новое. Но и копии обычно оказываются гораздо хуже оригинала.

В 1991 г. Россия согласилась быть объектом, исполнять роль сырьевого донора стран-лидеров и пополнить ряды «развивающихся стран». В записке А. Н. Яковлева М. С. Горбачеву 05.11.1991 г. (опубликованном в «Независимой газете» 26.03.2014 г.) о необходимости демонстрации отечественной науки, это формулируется явно.

В 2007 г. в Мюнхенской речи В. В. Путина вновь был заявлен курс на обретение субъектности. Это нашло отражение во внешней политике и в военном строительстве. К сожалению, политика в области развития промышленности, технологий, инноваций, науки остается в последние 10 лет такой же, как была у объекта. Задача состоит в том, чтобы привести эту политику в соответствие со сделанным страной субъектным выбором.

Другое либеральное заблуждение, касающееся самоорганизации, связано с идеей, что «рынок все отрегулирует» с вырванной из контекста книги

Адама Смита метафоры о «невидимой руке рынка» (лейтмотив труда Смита противоположенный, связанный с государственным управлением и регулированием экономики). Не вдаваясь в экономические теории, можно сказать, что мировой и отечественный опыт показывает, что и прорыв, и выход из кризиса требуют сильной государственной политики и не могут опираться только на рыночные механизмы.

В теории самоорганизации показывается, что в сложных системах в ходе развития выделяются ведущие переменные — параметры порядка, к которым подстраиваются остальные характеристики системы [4].

Также и в политике, в частности, инновационной, — основные усилия должны определяться главными целями, большими вызовами. Вероятно, таковых сейчас два. Один из них очень точно был сформулирован в классической работе, посвященной глобализации: «Капитализм есть частная собственность на средства производства и анархия производства. Нельзя делить иначе, как «по силе». А сила изменяется с ходом экономического развития... чтобы проверить действительную силу капиталистического государства, нет и быть не может иного средства, кроме войны. Война не есть противоречие основам частной собственности, а прямое и неизбежное развитие этих основ» [5].

Мир идет к войне. Растут военные бюджеты и закупки оружия ведущими странами. Против России ведется информационная, дипломатическая, экономическая война, страна участвует в региональных конфликтах. Поэтому громадное значение в переживаемой ситуации, в данной стадии кондратьевского цикла имеют инновации в военной сфере. Военная сфера всегда служит главным источником инноваций — в ней отношение цена/качество может быть гораздо выше, чем в гражданском секторе, так как даже небольшое улучшение тактико-технических характеристик может дать решающее преимущество в бою.

Кроме того, инновации в области обороны определяют фактор неожиданности применения новых систем оружия для противника. Значение ситуации неопределенности в национальной безопасности трудно переоценить. Именно эта неопределенность является сегодня одним из главных гарантов безопасности.

Инновации, переходя из военной сферы в гражданскую, могут быть важным двигателем подъема всей экономики. Нелепо делать, как в годы гorbачевщины, лопаты и сковороды на военных заводах. Обычно неоправдан выпуск гражданской продукции на тех же станках, что и военной. Станки в оружейном комплексе имеют обычно более высокий класс точности и выпуск на них обычной гражданской продукции обходится неоправданно дорого. Речь должна идти об использовании идей и технологий, развитых оборонном комплексе, а также специалистов, работающих в нем, в гражданском секторе экономики.

Второй параметр порядка связан с происходящей в развитых странах гуманитарно-технологической революции [3], с переходом от индустриальной к постиндустриальной фазе развития общества. Этот

переход, предсказанный американским социологом Д. Беллом становится реальностью в наши дни. Происходит переход императива «человек для экономики» к императиву «экономика для человека». Промышленная революция освободила людей от тяжелого физического труда, происходящая на наших глазах цифровая революция избавит людей от рутинной умственной работы. При этом способность народа изобретать и создавать новое, количество и уровень творцов в обществе, «национальная гениальность» становятся решающим фактором в конкуренции цивилизаций, в обеспечении национальной безопасности. Сегодня ведущие страны конкурируют в повышении продолжительности и качества активной здоровой жизни, в способности выявлять инициативных талантливых людей в обществе, давать им первоклассное образование и эффективно использовать результаты их творчества на благо общества. Во многих развитых странах инновационное развитие стало национальной идеей. Из проведенного анализа следует несколько выводов относительно выхода из инновационного кризиса:

- Планируемый прорыв требует идеологии, понятой и принятой народом и элитами. Она должна быть обозначенной Конституции и соответствовать субъектному выбору России. По-видимому, следует обозначить нашу страну как социальное государство, деятельность которого направлена на обеспечение благополучия живущего ныне и следующих поколений народа страны, на обеспечение суверенитета и национальной безопасности на основе инновационного развития и использования творческого потенциала граждан страны.
- Инновационное развитие, обеспечение технологического, инновационного, научного и образовательного суверенитета страны должно (как и в 1930-е гг. в СССР) стать национальной идеей. Это требует, прежде всего, быстрого подъема культурного и образовательного уровня населения. Одним из способов для этого может быть «налог Урманцевой», в соответствии с которым 13% всего времени вещания всех федеральных телеканалов в наиболее удобное время должно быть отдано под образовательные, научно-популярные и просветительские программы.
- Следует реализовать предложение Д. О. Rogozина о передаче кураторства над научными исследованиями (НИР) и опытно-конструкторскими разработками (ОКР), РАН и академическими институтами от вице-преьера, курирующего социальные вопросы, к вице-премьеру, отвечающему за оборонный комплекс.
- Для проведения активной технологической, инновационной, научной политики, направленной на прорыв в этих областях, для координации усилий в сфере НИР и ОКР необходимо создание Госкомитета по науке, технологиям и инновационному развитию, который обеспечивал бы решение стратегических задач в этой области и координировал работу всех министерств в этой части, РАН и бывших академических институтов.

## Инновации, черные лебеди и управление разнообразием

Из 1000 мышей не сложишь слона.

Индийская пословица

Эти сегодня стихи и оды,

В аплодисментах ревомые ревя,

Войдут в историю как накладные расходы

На сделанное нами — двумя или тремя.

В. В. Маяковский

В новой России было много попыток организовать инновационную деятельность, на которые были потрачены большие усилия и в которые были вложены немалые средства — «Роснано», «Сколково», Агентство стратегических инициатив (АСИ), Фонд перспективных исследований (ФПИ), «Российская венчурная компания» (РВК), бизнес-инкубаторы, технологические платформы, «обуниверситечивание науки», и это только небольшая часть сделанного в области инноваций.

Несмотря на большой размах всей этой деятельности желаемых результатов она не дала.

Естественное предположение о том, что изобретатели, ученые и инженеры у нас не те, или образование они не то получили — не инновационное, легко проверяется развитием нанотехнологической промышленности Израиля. И здесь, и там люди те же — наши соотечественники, и образование у них то же — в основном, советское. Когда в Израиле на государственном уровне была осознана важность развития нанотехнологий, были предусмотрены меры поддержки изобретателей в этой сфере и создана организация для координации усилий под началом ученого и выдающегося изобретателя О. Л. Фиговского. В штате этой организации было три человека, не считая секретарши — профессор О. Л. Фиговский, представляющий, как следует организовать работу, отставной банкир (контроль за расходованием средств) и отставной полковник (связь с силовыми структурами, заинтересованными в развитии нанотехнологий). В штате «Роснано», созданном для решения схожих задач, насчитывалось около 700 сотрудников. Через весьма небольшое время Израиль стал довольно большим государством на нанотехнологической карте мира. Место России на ней существенно скромнее... И эта ситуация типична, так что, вероятно, дело в серьезных системных ошибках. Обратим внимание на две главные.

В середине XX в. произошел важный сдвиг в мировоззрении. Из пространства отдельных предметов мы шагнули в мир систем. На этой волне родился и такой междисциплинарный подход как кибернетика, рассматривающая связь и управление в технике, в обществе, в человеке. В результате этого сдвига стало очевидно, насколько важны связи между элементами, составляющими систему. Каждый элемент может быть исправен и вполне успешно функционировать при тех воздействиях, на которые он рассчитан. Однако если взаимосвязи не работают в штатном режиме или действуют с обратным знаком, то система, удивительно похожая на исправную, не работает.

При этом имеет место эффект «телефона Хоттабыча» — из чистого золота, но не работает. Этот пре-

красный телефон не действует, потому что волшебник не подозревал, что копировать надо не внешний вид, а внутреннее устройство, и к тому же подключить к сети.

При этом для сложных систем, рассчитанных на длительное функционирование, особое значение имеют циклические или кольцевые структуры, выход которых, в конечном итоге, оказывается связан со входом. Таковым, в частности, является цикл воспроизводства инноваций, лежащий в основе национальных инновационных систем. Схематично связь его элементов можно представить следующим образом: анализ и прогноз тенденций развития данной области → целеполагание и планирование → фундаментальные исследования и подготовка специалистов, которые будут осуществлять планируемые изменения → прикладные разработки, направленные на то, чтобы воплотить новое знание, полученное в ходе фундаментальных исследований, в новые товары, услуги или возможности, которые получает общество → опытно-конструкторские разработки, в ходе которых создаются технологии, делающие разработки предыдущего этапа более надежными, дешевыми, обладающими конкурентными преимуществами, вывод их на рынок или иное использование выполненных разработок → анализ результатов состояния данной области и прогноз ее развития и т. д.

«Стоят» различные элементы данного цикла по-разному: анализ, целеполагание и планирование в государственном масштабе не стоят почти ничего, фундаментальную науку и подготовку кадров условно можно оценить в 1 рубль, НИР и прикладную науку в 10 рублей, ОКР и вывод на рынок в 100 рублей. Выпадение любого звена из этой цепочки либо парализует всю инновационную систему, либо многократно снижает ее эффективность.

Для инновационной системы современной России имеет место «эффект Хоттабыча», кроме того в ней отсутствует два ключевых звена.

Если сравнить инновационную систему с автомобилем, то роль двигателя в ней играет прикладная наука, отраслевые и проектные институты. Именно в этом секторе в мире делается 75% изобретений. В новой России этот сектор был разгромлен еще в 1990-гг. И в появившихся с того времени доктринах, стратегиях, дорожных картах вопрос о восстановлении этой части инновационной системы даже не ставится... Но без двигателя автомобиль не поедет, сколько бы не заменили его остальные части.

Роль «колес» играют крупные высокотехнологичные компании, которые могут отвоевать значимую долю российского или мирового рынка. К сожалению, таких компаний в России практически нет, — это наглядно показывает список «топ-400» крупнейших российских компаний. Мы имеем типичную экономику страны — сырьевого донора, ориентированную на обслуживание более развитых стран. Без развитой обрабатывающей промышленности надеяться на инновационное развитие и на прорыв не приходится.

На кого работать российским изобретателям и инженерам, если нет отечественных компаний, способных использовать эти разработки? Работать на зарубежные компании в «колониальном варианте», поставляя им

«интеллектуальны сырец», как показывает опыт последних десятилетий, невыгодно экономически и разрушительно для отечественного инженерного корпуса. В конце концов, успешные разработчики вынуждены выбирать или отъезд на чужбину, или внутреннюю иммиграцию. При этом очевидно, что западные компании не вкладывают часть полученной прибыли в отечественный цикл воспроизводства инноваций, ведь они работают в рамках своих национальных инновационных систем.

Вторая системная ошибка, блокирующая развитие инновационной экономики в России, состоит в ложном представлении о решающей роли в нем малых фирм, стартапов, студенческих коллективов, университетских лабораторий.

Чтобы пояснить ложность этого представления, нам вновь придется обратиться к теории самоорганизации, и к методам управления разнообразием. Для простых технических систем и многих других объектов используется математическая статистика и представление о случайных величинах. Типичным в этой области является так называемое гауссово распределение:

$$\rho(x) \approx \exp(-(x-M)^2/2\sigma^2),$$

где  $\rho(x)$  — плотность распределения одинаково распределенных случайных величин  $x$ ;  $M$  — среднее значение этой величины;  $\sigma^2$  — дисперсия. Эта функция очень быстро убывает (см. рис. 1), наше интуитивное восприятие «заточено» именно на такие зависимости. Их сущность выражает поговорка «Чудес не бывает». Например, по этому закону распределен рост людей, и мы можем пренебречь вероятностью встречи с 40-сантиметровым карликом или 2,5-метровым гигантом. Эти законы характерны для обычной экономики и доходов в массовых профессиях. Здесь можно планировать, взяв среднее по отраслям и оценив дисперсию, и рассчитывая, что доходы на инвестицию (или заработки в течение ряда лет) будут лежать с высокой вероятностью в интервале  $[M-\sigma, M+\sigma]$ . Философ, финансовый аналитик и писатель Нассим Талеб называет области деятельности, для которых характерны такие законы Среднеазиатом [6].

В Среднеазиатом стандартные действия дают вполне

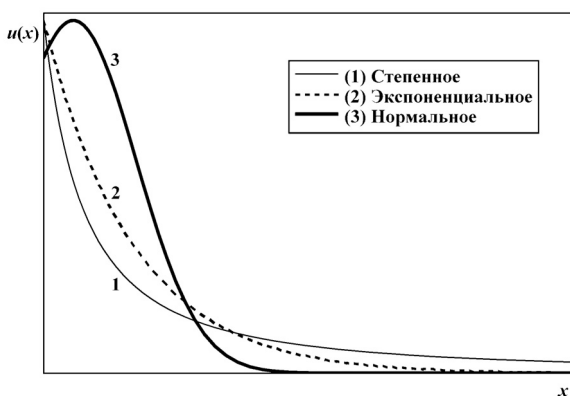


Рис. 1. Плотность распределения вероятности для гауссова, экспоненциального распределений, характерных для Среднеазиатом и степенного распределения, типичного для Крайнеазиатом

ожидаемые и прогнозируемые результаты. Здесь есть характерные значения  $M$  и  $\sigma^2$ , показывающие, на что можно рассчитывать и насколько велик риск, что получится иначе.

Однако, в начале математики, а затем физики, инженеры и экономисты столкнулись с ситуациями, в которых распределения обладают масштабной инвариантностью и не имеют характерных размеров. Математики столкнулись с этим, построив фракталы — удивительные множества, которые в меньших масштабах выглядят так же, как в больших. Для таких объектов характерны степенные распределения плотности вероятности  $\rho(x)$  (см. рис. 1):

$$\rho(x) \approx x^{-(1+\alpha)}, \alpha \approx 1.$$

Такие законы характерны для Крайнеазиатом, который напоминает мир восточных сказок. В таких сказках встречаются джины, дэвы, ифриты, рост в которых в десятки и сотни раз больше, чем у простых смертных. Вероятность встречи с таким гигантом невелика, однако пренебречь ею нельзя. Если такая встреча происходит, то ход событий кардинально меняется. В Крайнеазиатом бывают так называемые «черные лебеди», меняющие наши представления о пространстве возможностей. Их пример — революционные научные открытия или закрывающее инновации.

Одним из принципиальных результатов теории самоорганизации и прикладной математики является осознание того, что именно такие, степенные законы характерны для множества сложных систем. В теории управления риском был проведен анализ статистики, показавший, что такие законы характерны для числа жертв природных катастроф, ущербов для землетрясений, потерь при биржевых крахах.

Но в Крайнеазиатом есть не только аварии и катастрофы. Например, по этому закону распределены гонорары представителей творческих профессий или экономический эффект от внедрения инноваций. Например, большинство авторов массовой литературы зарабатывают весьма немного, однако гонорар Джоан Роулинг — автора книг о Гарри Поттере. Отвергнутых многими издательствами — превысил \$1 млрд. В Крайнеазиатом чудеса бывают. В частности, в «степенной реальности» экономический эффект от нескольких крупнейших событий может быть сравним с эффектом от всех остальных. В подобных случаях иногда говорят о распределении Парето, или законе 20-80, — 20% работников выполняют 80% работы и т. д.

Для элементов сложных систем  $N_1, N_2, \dots$  часто проводят ранг — размерный анализ. Для этого упорядочивают множество  $\{N_r\}$  в порядке убывания. Если речь идет, например, о населении городов, то  $N_1$  — население Москвы,  $N_2$  — Санкт-Петербурга.

В начале XX в. К. Ципф установил, что в больших целостных системах расселения:

$$N_r \approx r^{-\beta}, \beta \approx 1. \quad (1)$$

В географии это соотношение называют законом Ципфа. Если откладывают  $N_r$  и  $r$  не в обычном (1, 2, 3, ...) , а в логарифмическом масштабе

(1, 10, 100, ...), то зависимость (1) будет выглядеть как прямая с углом наклона  $-\beta$ . Отклонения от закона Ципфа означают, что «выпадающие» населенные пункты относятся к другой системе, что приводит к сложным социально-экономическим проблемам. В нашей стране в соответствии с законом Ципфа распределено население 42 тыс. самых крупных населенных пунктов, а «выпадают» Москва и Санкт-Петербург, которые в большей степени городами мира, а не России.

Точно так же распределена капитализация крупнейших мировых компаний (см. рис. 2). Из степенной зависимости «выпадают» только компании Microsoft, General Electric и Exxon, которые живут в другом экономическом пространстве.

Анализ крупнейших компаний мирового оборонного комплекса показывает, что 30% крупнейших компаний выпускают 70% всех вооружений.

Механизмы возникновения «степенной реальности» являются одним из проявлений самоорганизации. Они могут появляться в результате конкуренции, при которой имеет место положительная обратная связь («деньги к деньгам», «на деньгу деньга бежит»). Для нас здесь важно, что в сложных системах возникает большое разнообразие.

Именно это и игнорируется в отечественной инновационной политике, делающей акцент на «малых фирмах», «стартапах», «бизнес-инкубаторах». Это все равно, что заботясь о подъеме экономики, уделить все внимание «детскому саду», забыв о школе, институте, профессиональной деятельности. В спорте нам понятно, что достижение результатов мирового уровня требует целой государственной системы, ориентированной на спортсменов разного уровня — от начинающих до мастеров, а в инновационной сфере нет.

В Кремниевой долине, к опыту которой любят апеллировать наши реформаторы, более 8 тыс. малых фирм успешно действуют, прежде всего, потому, что есть средние фирмы и гиганты, которые заинтересованы в результатах их работы, и которые способны «подхватить» и внедрить у себя результаты их изобретения.

Недавний пример, Индия вышла из российско-индийской программы по созданию истребителя 5-го поколения, аргументировав это тем, что он не является достаточно инновационным, и не может продемонстрировать характеристики, близкие к параметрам американских истребителей F-22 и F-35 [7]. Речь идет о потере многих миллиардов долларов и большой доли индийского рынка военных самолетов, который займут Франция и США. Не сбрасывая со счетов политический и экономический контекст этого решения, заметим, что конкуренция здесь ведется на инновационном поле. Прорывное инновационное решение в крупной компании могло бы дать экономический эффект в тысячи раз больший, чем огромное количество малых фирм...

Как говорил в таких случаях выдающийся просветитель С. П. Капица: «В зоопарке нужны разные звери». Мы же пока в «инновационном зоопарке» ориентируемся на разведение кроликов. Еще более важны инновации в гуманитарном пространстве и в организационной сфере.

Исходя их представленной логики, разумными представляются следующие изменения:

- Разработка и реализация государственной программы восстановления прикладной науки России. Без этого мы вновь и вновь будем сталкиваться с «имитацией инноваций».
- Выбор локомотивных отраслей обрабатывающей промышленности России и создание условий для форсированного крупных компаний, ориентированных на широкое применение инновационных решений и завоевание значимого внутреннего, а затем и мирового рынка в своих областях (примеры — взлет в свое время финской фирмы Nokia около большого инновационного проекта, лаборатории Касперского в компьютерной сфере и компании NT-MDT в области нанотехнологий в России).
- Расширение инновационного пространства России — увеличение потока изобретений рационализаторских предложений, технических решений до советского уровня (в 10 и более раз) путем материального стимулирования (рынок интеллектуальной собственности, подобный западному, у нас не сложился из-за дешевой рабочей силы, больших «нефтяных денег» и паралича обрабатывающей промышленности).
- Развитие системы открытых инженерных конкурсов во всех областях производства, включая военную, направленных на поиск новых технических решений и создание на их основе работающих прототипов (подобные тем, которые были в России в начале XX в. и которые несколько десятилетий проводятся DARPA в США).
- Воссоздание (а скорее создание заново) системы экспертизы инноваций (включая организационные и гуманитарные), позволяющей выделить наиболее интересные и перспективные области, где они могут быть использованы. В США из 1000 предложений венчурные фонды в среднем поддерживают 7. Частое сито научной, технологической, маркетинговой экспертизы позволяет снизить риски инвесторов до приемлемого уровня. Возможно, такую систему следует строить при будущем Госкомитете по науке, технологиям и инновациям. Возможно, следует сделать высшую аттестационную комиссию

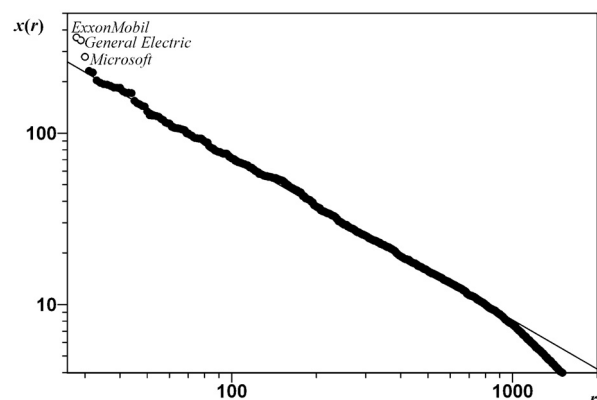


Рис. 2. Ранжировка крупнейших компаний мира по рыночной стоимости, \$ млрд

сию независимой государственной организацией и расширить ее экспертные функции. Наконец, действуя в рамках существующего правового поля можно расширить полномочия ведущей экспертной организации — Российской академии наук, дав ей необходимые полномочия, ресурсы включив в контур государственного управления и создав соответствующие структуры.

- Зачастую эффект или ущерб от организационных инноваций многократно превышает таковые от технических новшеств. К сожалению, результаты осуществленных перемен быстро и эффективно не оцениваются, обратная связь работает с большим запаздыванием. Поэтому, следуя опыту Китая, очень важно было бы создать структуру при Администрации Президента, которая могла бы оценивать результаты реформ и если они неудовлетворительны, готовить решения, позволяющие «отыгрывать назад».

## Век инженеров и инновации

Мы — инженеры...

Фраза, приписываемая Николаю I

Будь тем, кем ты должен быть.

Императив стадии роста  
по Л. Н. Гумилеву

Суть перемен, произошедших в России, очень точно передает крылатая фраза «Бухгалтеры победили инженеров». И действительно, основная часть высших должностных лиц страны по своему образованию являются юристами и экономистами. Возьмем, например, вертикаль, курирующую науку — первый вице-премьер, профильный вице-премьер и министр высшего образования и науки — экономисты.

Французское слово «инженер» первоначально трактовалось как творец, создатель нового. Прорыв, о котором говорит президент не возможен без инноваций. Людями, которые должны профессионально заниматься инновациями и являются инженеры, роль и значение которых в обществе должна возрасти. При всем уважении к юристам и экономистам следует сказать, что представители этих профессий сориентированы на поддержание и обслуживания существующей экономики и правовой структуры общества, на наведение и поддержание порядка, а не на слом существующих рамок и создание нового.

По мнению выдающегося математика, мыслителя, философа академика Н. Н. Моисеева именно инженеры, в частности, работающие в нашем оборонном комплексе, должны были стать основой элиты развития. Этого не произошло. Однако прорыв, в котором ведущую роль предстоит сыграть инженерному корпусу, может изменить нынешнюю ситуацию.

Какова же она? В начале века в мире в инженерной среде бытовала поговорка: «Если надо добыть деньги под строительство завода, зови американца, если нужно спроектировать завод, зови немца, если нужно построить завод и добиться, чтобы он выпускал хорошую продукцию, зови русского». Известна русская традиция, когда инженер проектировал мост, руководил строительством и вместе с бригадой

строителей становился под него, когда по мосту шел первый поезд.

Прорыв требует строительства новых предприятий, соответствующих нынешнему и будущему (перспективному) технологическому укладу [3]. Деятельность по созданию производственных мощностей (завод, фабрика, электростанция) или инфраструктуры (мосты, порты, магистрали, космодромы и т. д.) сейчас называют инжинирингом. У нашей страны в этой области есть большие и славные традиции. Например, космодром Байконур, считая от первой экспедиции военных строителей в казахскую степь до запуска первой баллистической ракеты был возведен за 29 месяцев. Благодаря усилиям наших инженеров в ряде стран были созданы целые отрасли промышленности.

Недавно журнал «Эксперт» подготовил специальный доклад, посвященный состоянию и проблемам российского инжиниринга [8].

Обратим внимание на его основные выводы: «Российский рынок инжиниринга оценивается в 179 млрд руб. или 0,2% ВВП. Это всего полпроцента глобального рынка инжиниринговых услуг. Только два сектора отечественного промышленно-инфраструктурного строительства могут похвастаться наличием мощных российских инжиниринговых компаний полного цикла, готовых сооружать объекты «под ключ» — атомная промышленность и железнодорожное строительство. Проектирование объекта осуществляется по техническим стандартам страны, поставляющей основное технологическое решение. Поэтому космополитический характер «начинки» многих крупных проектов задается отсутствием отработанных отечественных технологий в целом ряде высокотехнологичных производств.

Крупные системно значимые инфраструктурные проекты в нашей стране пока что не являются «вытягивающими»: на опыте их реализации не вырастают сильные строительные подрядчики, сильные поставщики технологического оборудования. Зато после каждой крупной стройки тянется шлейф банкротств.

Одна из системных проблем российской стройки — отсутствие готового проекта в момент заключения контракта. Уже на стадии строительства проект «плывет» и корректируется, это программирует срыв сроков и сметы. Нет шансов кардинально изменить эту ситуацию, пока подрядчики принимают порочные правила игры». [8]

Мировой рынок инжиниринга растет — промышленность мира быстро обновляется. Если сейчас он составляет \$750 млрд, то к 2020 г. по прогнозам, он должен вырасти до \$1,4 трлн. Минпромторг утвердил в 2014 г. «дорожную карту», предусматривающую рост инжиниринговых услуг 8%/год. С учетом инфляции и санкций это будет весьма небольшим ростом. Мировой рынок растет с темпом 4%/год, а развивающимся странам в этой сфере нужны темпы не менее 12%/год. Иначе пропасть между развивающимися и развитыми странами станет непреодолимой.

Причины такого положения дел политические, технологические и экономические. Отказ от субъектности и готовность играть роль «энергетического гаранта» привела к простоям всей сферы российско-

го инжиниринга в течение 20-25 лет. За это время в большинство отраслей пришли технологии — их следовало бы осваивать, совершенствовать, а затем создавать свои. Экономические причины сводятся к тому, что нет возможности брать «числом, а не умением» и следует сосредотачивать усилия на наиболее важных и перспективных объектах. Дело в том, что инвестиции в основной капитал в 2017 г. составляли лишь 70% уровня РСФСР 1990 г. Прорыв невозможен без «новой индустриализации» России, без вывода многих отраслей российской экономики на новый технологический уровень. Пока инжиниринговые цепочки «технология — проектирование — оборудование — стройматериалы» в высокотехнологичных промышленных проектах России ориентированы на иностранные компании, а должны быть на свои.

Если XX в. был столетием ученых, то в XXI в. тон будут задавать инженеры. В XX в. ход истории во многом определялся в лабораториях исследователей, работавших на переднем крае фундаментальной науки. Это наглядно показывают атомные проекты СССР, США, Германии, в каждом из которых участвовали ученые нобелевского уровня.

Сейчас ситуация иная — фундаментальные результаты в химии, физике, биологии, которые определяют развитие нашей цивилизации на ближайшие 50 лет, уже получены. Очередь за технологиями, которые должны быть более эффективными и чистыми и менее энергоемкими, чем существующие, и за теми людьми, которые их будут создавать и строить новые производства. Новые континенты открыты и пришла пора их осваивать. «Конструкция должна работать не в принципе, а в металле», — как говорил выдающийся химик и инженер Д. И. Менделеев.

Инновационный кризис, в котором сейчас находится Россия, во многом результат девальвации звания инженера и самого инженерного труда. Мне приходится преподавать в нескольких вузах, готовящих инженеров в разных областях, и система их подготовки мне представляется неудовлетворительной. Обращу внимание только на некоторые недостатки, которые и нужно устранить.

В ряде областей мы просто не готовим инженеров. Простейший пример. В западных университетах есть специалисты computer engineering (компьютерная инженерия, программтехника) и computer science (компьютерные науки, решение научных задач в данной области). При этом на 10 инженеров в среднем приходится один исследователь. И это естественно — программирование с уровня прикладной науки во многих своих частях перешло на уровень производства. Вузы России формально готовят только исследователей и не готовят инженеров в данной области. И инженерные знания физики, химии, математики, компьютерщики, приходящие в эту важную, престижную и хорошо оплачиваемую область, получают в результате самообразования, что не всегда хорошо.

Мы сплошь и рядом сталкиваемся с «проклятием узких специалистов», что категорически противопоставлено инженерам. Молодые специалисты зачастую не представляют ни структуры современной промышленности, ни мирового технологического пространства,

ни перспективных направлений, ни задач, которые в этой области должна решать Россия, ни истории науки и техники, ни организационных основ инженерного труда. В результате этого мы готовим солдат, в рангах которых нет маршалских жезлов. Многие инженерные вузы работают вхолостую. По сути дела, мы готовим техников, рассчитывая, судя по всему, что нужно «доучить на рабочем месте». У большинства поступающих и заканчивающих наши вузы нет профессиональной мечты... Болонизация и разрушительное разделение на бакалавриат и магистратуру ускорили развал отечественного инженерного образования.

«Растворение» инженерных вузов приводит к потере инженерной культуры, а иногда и к закрытию главных, системообразующих кафедр. Нефтяные, авиационные, энергетические институты начинают готовить бухгалтеров, юристов, специалистов по PR и международной торговле. Казалось бы, что большой беды в этом нет — ребята на эти специальности идут и после окончания куда-то устраиваются. Однако проблема есть — со временем юристы, экономисты, «эффективные менеджеры» занимают позиции, на которых должны быть инженеры, понимающие в существе предмета.

Недавний пример такого подхода дает принятая Правительством в 2018 г. программа развития цифровой экономики РФ. В ней большое внимание уделено совершенствованию законодательного обеспечения этой области. Однако ни для острых проблем, связанных с отечественной элементной базой, с созданием собственного программного обеспечения в ключевых областях (без чего нельзя говорить о цифровом суверенитете), да и с реальным сектором экономики, с подготовкой соответствующих специалистов, места не нашлось. Необходимость корректировки программы (а, скорее, замены на ту, которую подготовили специалисты) стала ясна сразу после ее публикации [9].

Отсюда понятно, что и мысли о «цифровизации образования», «цифровых профессорах», «цифровых доцентах» (то есть компьютерных программах, видеоматериалах) могут прийти только людям, очень далеким от инженерного образования. Трудно переоценить то, что делается для расширения кругозора студентов и преподавателей инженерных вузов — открытие часовен на их территории, кафедр теологии, проведение собраний профессоров и преподавателей на территории храмов, но все это не может заменить полноценной подготовки инженерных кадров.

В сотнях ведущих технических вузах мира преподают теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ). Основоположником этого направления является наш соотечественник и выдающийся изобретатель Г. С. Альтшулер. Наши студентов, к сожалению, с этим материалом не знакомят. И это очень заметно. Мне довольно часто приходится участвовать в жюри различных научно-технических конкурсов молодежи. К сожалению, обычно на них бывает представлено очень мало интересных технических идей и даже просто работ, где ребята используют свои профессиональные инженерные навыки. Очень часто на конкурс представляются обычные рационализаторские предложения или вариации на известные темы.



Думается, должен быть изменен сам вектор развития инженерного образования в России. Сейчас вместо подготовки хороших инженеров технические вузы вынуждают готовить посредственных ученых. Работы инженера и исследователя принципиально отличаются друг от друга. Например, тот, кто занимается фундаментальной наукой, изучает неизвестные свойства и характеристики природы, общества и человека. Очень часто, он решает проблемы, которые достались ему в наследство и которые он, возможно, передаст следующему поколению. Инженеры, напротив, должны найти оптимальное решение технической задачи, исходя из заданных сроков, имеющихся ресурсов и знаний, которыми мы располагаем. Но подготовка отличных специалистов, прекрасная преподавательская работа у нас сплошь и рядом не ценится. Мы требуем от преподавателей «информационного шума» — как можно большего числа статей, желательно проиндексированных в зарубежных базах публикаций (а значит, их лучше писать по-английски и публиковать их за рубежом).

В ряде вузов без публикации тезисов каком-нибудь ничемном сборнике студенту и пятерку за диплом (независимо от качества работы) поставить нельзя. И этот абсурд продолжается много лет. Но король-то голый! Результаты этого абсурда налицо. Среди огромного числа тех, кто получил вузовские дипломы, становится все труднее найти людей, которые могут и хотят со временем стать полноценным специалистом. Зачастую не удается подготовить и «квалифицированного потребителя», который может разобраться с импортным оборудованием.

Современные инновации требуют умения создавать команды из специалистов разной квалификации, возраста, обычно имеющих разные специальности, навыков коллективной работы. Мы же, в отличие от советских времен, и в средней, и в высшей школе учим одиночек, обычно не имеющих ни навыков, ни интереса к коллективной деятельности.

Результат такого подхода очень точно отражает поговорка, бытующая в Кремниевой долине, где очень много российских программистов: «Средний русский программист в 10 раз сильнее американского; русские и американские команды из 10 человек равны по силе друг другу, но компания их 100 американцев в 10 раз сильнее, чем из 100 русских». Эту ситуацию надо менять, тем более коллективистские, артельные, сборные начала всегда были очень сильны в нашей цивилизации.

Подводя итоги этой части работы, можно сформулировать несколько предложений, следующих из представленного обсуждения:

- Расширению инновационного пространства России будет способствовать развитие системы стратегического планирования и долгосрочный прогноз, выходящие на конкретные научно-технические задачи, которые следует решить российским инженерам и компаниям. Это позволит в условиях санкций и весьма ограниченных ресурсов сосредоточить усилия на тех задачах и направлениях, которые могут обеспечить прорыв. Здесь особенно ценным может быть опыт Японии. В этой стране с 1970-х гг.

раз в 5 лет организуется национальный форсайт, в котором участвуют более 10 тысяч ведущих ученых, инженеров, руководителей компаний. Его цель — определить, какой должна стать страна через 30 лет и какие задачи для этого следует решить. Далее на этой основе вырабатывается 5-летний план и формулируются около 100 научно-технических задач, которые должны быть решены, чтобы Япония пришла к желаемому будущему через 30 лет. Этот план задает вектор развития крупных компаний, учебных заведений, госаппарата. Через 5 лет подводятся итоги и выясняются причины, по которым не удалось выйти на некоторые из намеченных рубежей. После этого вновь организуется национальный форсайт и прочерчивается траектория на ближайшее тридцатилетие. Результат очевиден — мировое лидерство Японии в ряде высоко технологичных областей. Чтобы российский прорыв стал реальностью, а не остался на бумаге, нам нужна подобная система работы с будущим.

- Скорейшая отмена единого государственного экзамена (ЕГЭ), развитие проектного образования в школе, воспитание навыков коллективного производственного труда и чувства ответственности. О системных пороках ЕГЭ и прочих тестовых систем, которые развитые страны навязывают развивающимся, чтобы те не слишком быстро развивались, писали много. В инновационном контексте особенно разрушительны фактическая ликвидация системы профессиональной ориентации и освобождение ректоров вузов от ответственности за качество подготовки студентов. При бюрократическом подходе это естественно — гораздо проще посчитать число выданных дипломов, опубликованных статей или средний балл, чем оценивать ситуацию по существу и стремиться изменить ее к лучшему. ЕГЭ приучил школьников и родителей идти не туда, куда хочется, исходя из своих способностей и желания, а куда возьмут. Неважно, в пивоваренный или в мыловаренный — важно, что ребенок пристроен.

ЕГЭ, с его трактовкой образования как услуги поставил вузы в один ряд с банями и прачечными. Получив бумажку и в глаза не видя человека, вузы должны выучить человека, «оказать услугу». Когда выясняется, что выпускники не умеют простейших вещей и очень смутно представляют полученную им профессию, ректоры резонно объясняют, что «услугу» они оказали, а из тех, кто пришел, ничего лучшего в принципе подготовить было нельзя.

Серьезные инновации, решение задач — это преодоление препятствий, обычно требующее энергии, упорства, фантазии, удачи, хорошей подготовки. Поэтому выскажу парадоксальную мысль — чтобы у нас были инженеры, ученые, конструкторы, руководители, ориентированные на созидательные инновации, учиться и в школе, и в вузе должно быть трудно...

В образовательных системах ряда стран — лидеров инновационного рейтинга большое внимание уделяется воспитанию и поддержке инициативы, оригинальности, способности самостоятельно принимать решения и воплощать их в жизнь. Мы же должны стремиться научить детей выполнять инструкции и

указания, оценивать процесс, а не результат и хотим, взяв за руку, довести внуков до пенсии. При таком подходе трудно надеяться на формирование инновационной среды...

И еще один важный момент. По инициативе реформаторов в большинстве технических вузов были закрыты военные кафедры. На таких кафедрах в одних вузах получали еще одно инженерное образование, в других учились применять полученные ими знания, умения и навыки на практике, в военной области. И то, и другое очень важно. Антропологи и этологи часто подчеркивают принципиальное значение бинокулярного зрения для развития интеллекта, позволяющего увидеть предмет с разных позиций. По-видимому, и для людей, собирающихся работать в инновационной сфере, важно профессионально владеть несколькими подходами. И в контексте инновационного развития страны, и с точки зрения обеспечения национальной безопасности крайне важно вернуться к положению дел до разгрома военных кафедр. Необходимые для этого вложения многократно окупятся. Да и возможности отстаивать наш суверенитет на разных уровнях сильно возрастут.

У нас есть все возможности выйти из инновационного кризиса, который ведет к отсталости и является одной из самых серьезных угроз для России в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Пришло время использовать эти возможности, чтобы осуществить прорыв, создать промышленность, соответствующую постиндустриальному технологическому укладу, заложить основу инновационного и технологического будущего России.

\* \* \*

Работа была поддержана грантом РФФИ, проект 18-011-00567 «Междисциплинарный и методологический анализ технологий проектирования будущего и цифровой реальности» и проектом программы фундаментальных исследований президиума РАН «Разработка фундаментальных основ прогнозирования, экспертизы и принятия управленческих решений в научно-инновационном комплексе России на базе информационного компьютерного моделирования и когнитивных центров».

## Список использованных источников

1. В. В. Путин. Послание Федеральному собранию 01.03.2018. <http://kremlin.ru>.
2. Г. Г. Малинецкий. Чтоб сказку сделать былью... Высокие технологии – путь России в будущее. Изд. 3-е. М.: Ленанд, 2015. 224 с. (Синергетика: от прошлого к будущему, № 58. Будущая Россия, № 17.)
3. В. В. Иванов, Г. Г. Малинецкий. Россия: XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука. Изд. 3-е. М.: Ленанд, 2018. 304 с. (Будущая Россия, № 26.)
4. С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий. Синергетика и прогнозы будущего. М.: Наука, 1997. 285 с. (Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения.)
5. В. И. Ленин. О лозунге Соединенных Штатов Европы. П. с. с., т. 26. С. 353.
6. Н. Талеб. Черный лебедь.
7. А. Хазбиев. Индия лишила себя пятого поколения//Эксперт, 2018, № 30-33 (1084). С.59.
8. Е. Огородников. Вновь научиться стрелять//Эксперт 2018, № 30-33 (1084). С. 36-42.
9. Контуры цифровой реальности: Гуманитарно-технологическая революция и выбор будущего/Под. ред. В. В. Иванова, Г. Г. Малинецкого, С. Н. Сиренко. М.: Ленанд, 2018. 344 с. (Будущая Россия № 28.)

## Innovative crisis, politics, self-organization

**G. G. Malinetskii**, RAS Keldysh institute of applied mathematics.

Leaders of Russia, judging by the basic documents, do not count on inventors, on the engineering and scientific corps of the country, hoping for the already created technologies, extraction and sale of irreplaceable natural resources, for financial maneuvers. There is an innovative crisis, which is especially dangerous in the conditions of sanctions and blocks the possibility of a breakthrough. I consider the cycle of innovation reproduction in modern Russia from systemic, interdisciplinary positions. I propose a number of solutions that would help to get out of the current innovation crisis quite quickly.

**Keywords:** innovation crisis, humanitarian and technological revolution, promising technological structure, self-organization, cycle of innovation reproduction, synergetics, black swans, technological sovereignty, digital reality, the era of engineers, power laws, ideology, innovation policy, project education.