

## О ПРИОРИТЕТАХ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

**Шепелев Геннадий Васильевич**

---

ФГБНУ НИИ Республиканский исследовательский  
научно-консультационный центр экспертизы,  
Москва, Россия  
shepelev-2@mail.ru

DOI: 10.19181/sntp.2020.2.3.1

## АННОТАЦИЯ

Проанализированы подходы к формированию приоритетов научно-технологического развития, определению целей, формированию научно-технических задач, анализу доступных ресурсов для реализации приоритетов. Сформулированы критерии, которым должны удовлетворять процедуры отбора приоритетов научно-технологического развития.

Рассмотрена историческая ретроспектива научно-технологического развития человечества с точки зрения преодоления возникавших на различных стадиях развития дефицитов ключевых ресурсов (продуктов питания, энергии, информации и т. п.). Отмечено, что научно-технические прорывы совершались при возникновении дефицитов значимых для развития человечества ресурсов.

Предложена модель формирования приоритетов, основанная на анализе перспективы возникновения дефицитов ресурсов, используемых человеком в своей деятельности. Приведены примеры использования предложенного подхода для анализа развития информационных ресурсов.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

приоритеты научно-технологического развития, формирование тематики научных исследований, научно-технический прогресс, целеполагание в науке, большие вызовы, поисковые и фундаментальные исследования, дефицит ресурсов для развития.

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

*Шепелев Г. В.* О приоритетах научно-технологического развития // Управление наукой: теория и практика. 2020. Т. 2. № 3. С. 16–36.

DOI: 10.19181/sntp.2020.2.3.1

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В статьях [1, 2] среди прочих рассмотрены вопросы формирования тематики научных исследований и роли приоритетных направлений развития науки и техники в этом процессе. Показано, что если в секторе прикладных разработок приоритетные направления финансируются, как правило, в рамках спроса, предъявляемого производственными компаниями, то в области поисковых и фундаментальных исследований сигналы рынка в условиях нашей экономики слабы, и приоритеты и подходы к их формированию становятся, по существу, единственными ориентирами, которые могут оказывать влияние на формирование тематики научных исследований в этих секторах науки. В этих условиях роль государства в формировании направлений и тематики поисковых исследований становится определяющей.

Формирование приоритетов в России имеет более чем тридцатилетнюю историю. К сожалению, экспертное мнение, звучащее при обсуждении этих вопросов, заключается в том, что система приоритетов не сильно сказывается на развитии науки и в результате реализации приоритетов не возникает каких-то существенных прорывов, которые не возникли бы, если бы приоритеты не назначались вовсе.

В этой статье будут проанализированы причины, которые могут приводить к низкой значимости приоритетов. В разделе 2 будет рассмотрена общая логика формирования приоритетов. Затем в разделе 3 проведён краткий исторический анализ формирования приоритетов. В связи с тем, что, как показано в статье [2], рыночные сигналы для формирования тематики научных исследований в России весьма слабы, в разделе 4 предложен подход к формированию тематики фундаментальных и поисковых исследований, на основе анализа ресурсов, используемых человеком, и их дефицита или избытков.

Актуальность рассмотрения этих вопросов повышается в связи с тем, что в рамках национального проекта «Наука» [3] предлагаются новые формы организации научных исследований, новые критерии оценки состояния науки, и при этом инструменты финансирования до сих пор не выстроены под новую логику приоритетов, заданную в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее – СНТР) [4].

## 2. ФОРМИРОВАНИЕ ПРИОРИТЕТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Вначале рассмотрим, как должны формироваться приоритеты в системе управления. Изложение будет привязано к приоритетам научно-технологического развития, хотя оно применимо и к другим системам управления.

## 2.1. ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ

Формирование приоритетов научно-технологического развития следует начать с обсуждения подходов к формулированию цели научно-технологического развития [1]. В нашем случае для этого необходимо уточнить – для какой системы определяется цель. Вариантов в нашем случае два: это либо собственно наука, либо экономика в целом. Как наука функционирует в системе экономики, разобрано в статье [2]. Мы примем за основу второй вариант – цели ставятся в рамках всей экономики, и через необходимость достижения этих целей рассматриваются приоритетные задачи научного сектора экономики.

В стратегических документах, касающихся науки, как было показано в статье [1], цели сформулированы так, что достигнуть их либо невозможно, либо легко сфальсифицировать «достижение». Очевидно, что цель, которую невозможно достичь, не имеет технологического (управленческого) смысла. Поэтому рассмотрим процедуру формирования цели, имеющую прикладное значение для организации работы по её достижению. Система возможных целей развития экономики, которые могут быть использованы при формировании приоритетов научно-технологического развития, описана в статье [2].

Следующий вопрос – необходимо описать целевое состояние системы, к которому мы будем стремиться. Для этого необходимо задать систему показателей, которая будет описывать степень достижения желаемого результата. Для экономики в целом это может быть набор показателей, характеризующих благосостояние населения (качество жизни), состояние (конкурентоспособность) экономики, вопросы безопасности и др.

При формировании системы показателей нужно иметь в виду, что одновременное достижение максимума по различным показателям может не достигаться. Так, затраты на обеспечение безопасности могут противоречить росту качества жизни, улучшение экологических показателей может приводить к снижению конкурентоспособности на рынках за счёт увеличения себестоимости продукции и т. п.

После того как целевое состояние описано, необходимо проверить получившийся результат с точки зрения *достижимости* поставленных целей и *устойчивости* результата (состояния).

В качестве иллюстрации рассмотрим показатель национального проекта «Наука» – *доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности российских исследователей* (процент), целевое значение которого к 2024 году должно составить 50,1% от общей численности научных сотрудников. Очевидно, приняв на работу в научные организации нужное число молодых специалистов, можно достичь поставленной цели. Легко посчитать нужное количество:

$$\Delta N_{39} = NO * 0,501 - N_{39},$$

где  $\Delta N_{39}$  – число исследователей в возрасте до 39 лет, которых нужно дополнительно принять для обеспечения показателя сверх ежегодного обычного приёма молодых специалистов,

$NO$  – общая численность исследователей,

$N_{39}$  – исходная общая численность исследователей в возрасте до 39 лет.

То есть цель в принципе достижима. Но при этом, как следствие, увеличится и общее число научных сотрудников.

Следующий вопрос – можно ли удержать достигнутый показатель. Через год все вновь принятые на работу молодые специалисты постареют ровно на один год, при этом часть специалистов перейдёт в следующую возрастную группу (40–49 лет), и соотношение придётся выправлять за счёт приёма новых молодых сотрудников. Через какое-то время и вновь принятые сотрудники будут переходить в старшие возрастные категории, и процесс придётся повторять каждый год, увеличивая и увеличивая численность научных сотрудников в стране.

То есть решение не является устойчивым, если одновременно не ставится задача увеличения общей численности научных сотрудников. Таким образом, достижение поставленной цели может привести к последствиям, которые не планировались в системе показателей национального проекта.

После проверки на достижимость и устойчивость необходимо хотя бы грубо оценить ресурсы, которые потребуются привлечь для достижения плановых показателей.

В приведённом выше примере приём молодых сотрудников в объёмах, превышающих естественную убыль и миграцию в другие отрасли экономики, потребует создания новых рабочих мест. Это означает вовлечение в оборот новых производственных площадей, закупку дополнительного научного и прочего вспомогательного оборудования, планирование дополнительных фондов заработной платы. Дополнительные затраты легко посчитать, базирясь на сложившихся нормативах фондо- и техновооружённости. Очевидно, таких расчётов не проводилось.

Приведённый пример показывает, что обсуждаемый показатель, скорее всего, не будет достигнут, либо, в силу необеспеченности ресурсами, не сможет быть удержан длительное время.

## 2.2. ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКА ЗАДАЧ

После того как проведено формирование целевого состояния и оценены его достижимость, устойчивость и возможность ресурсного обеспечения, следует сформировать перечень задач, решение которых приводит к искомому состоянию. Это позволяет более детально понять сроки, в которые можно достичь целей и оценить более точно необходимые для этого ресурсы.

Сейчас список задач, направленных на достижение приоритетов, не формируется даже укрупнённо. Считается, что принятые списки приоритетов уже задают достаточные ориентиры для участников процесса научных исследований.

Попытки такой проработки предпринимались при очередном раунде корректировки приоритетов [5], но законченного результата получено не было.

Далее покажем, что без перечня таких задач сформировать реальные приоритеты научно-технологического развития невозможно.

В «Правилах формирования, корректировки и реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Фе-

дерации и перечня критических технологий Российской Федерации» [6] вопросы реализации, а, соответственно, формирования списка выполняемых задач, трактуются через отсылку к государственным программам и иным программам, формируемым министерствами. С учётом того, что такие программы формируются, исходя из собственных задач министерств, вопросы учёта в них необходимости реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники не являются основной задачей координаторов этих программ.

### 2.3. РЕСУРСЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ

Ресурсное обеспечение планов – это слабое место почти всех стратегических документов. Хотя очевидно, что наличие или отсутствие необходимых ресурсов определяет возможность реализации сформированных планов и достижения поставленных целей.

Если задаться вопросом – в каких случаях не обязательно формирование приоритетов, – то это либо наличие бесконечных ресурсов, позволяющих решать все поставленные задачи, либо когда ресурсов нет совсем и нет предмета выбора, то есть сделать нельзя ничего. Понятно, что это крайние недостижимые в реальности состояния, но в истории мировой науки есть примеры, иллюстрирующие оба случая.

Так в США объём финансирования научных исследований составлял в 2012–2014 гг. около 28% мирового бюджета [7, 8], и при таких объёмах, даже с учётом более высоких удельных затрат на оплату исследователей, можно решать более широкий спектр задач.

Другой пример – российская наука середины 90-х годов прошлого века. На фоне снижения реальных объёмов финансирования принятие широких списков критических технологий можно рассматривать исключительно как ревизию заделов, оставшихся со времён Советского Союза, а не как руководство к достижению значимых результатов по всему перечню.

Если рассматривать более реальную ситуацию, когда есть список задач, которые нужно решить для достижения поставленных целей, и разумные ресурсы для их решения, неизбежно возникает вопрос, какие задачи из списка нужно решать в первую очередь.

Если распределить ограниченное финансирование равномерно на весь сформированный список, то в заданные сроки большое количество задач останутся до конца нерешёнными – и деньги будут заморожены в заделах. С учётом того, что научные достижения быстро «стареют», от части этих денег отдачи уже не будет никогда. Этот аргумент работает против концепции финансирования научных исследований «широким фронтом», часто обсуждаемой в академическом сообществе.

Если в списке задач проведена селекция и каким-либо образом выделена подгруппа задач, которые в первоочередном порядке должны быть обеспечены ресурсами, то этот короткий перечень задач и будет представлять *список реальных приоритетов*.

### 3. ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИОРИТЕТОВ НТР

Приоритеты после их определения должны были бы использоваться для формирования тематики исследований и решения приоритетных задач, которые легли в основу списка приоритетов. Однако история формирования приоритетов в России показывает, что это, скорее, исключение, чем правило. Впрочем, и в тех случаях, когда формировались инструменты реализации приоритетов, они были невелики, чтобы продемонстрировать серьёзные результаты.

История формирования научно-технологических приоритетов началась ещё на закате СССР, когда в 1976 году было принято решение о разработке комплексной программы научно-технического прогресса (далее КП НТП) [9], рассчитанной на 20 лет. В документе были проанализированы проблемы по широкому спектру направлений народного хозяйства. Документ имел гриф «Для служебного пользования», в сети интернет сейчас доступны некоторые разделы программы.

Разработанная программа не была реализована, однако следует отметить, что система планирования работы научных институтов в административной системе уже задаёт распределение ресурсов и тем самым определяет реальные приоритеты через тематические планы их работы.

Первой попыткой формирования приоритетов в России были принятые в 1996 году перечни приоритетов и критических технологий [11]. Обширные списки охватывали практически все производственные сферы, однако не были подкреплены финансированием. Это как раз тот случай, когда приоритеты не работают в силу отсутствия ресурсов на их реализацию.

Список приоритетных направлений и критических технологий обновлялся в 2002, 2006 и 2011 годах. Количество позиций в списке критических технологий последовательно снижалось (см. таблицу 1).

**Таблица 1**

Количество критических технологий по годам

Год	Количество	Примечание
1996	70	Приказы Правительственной комиссии по научно-технической политике № 2727п-П8 и № 2728п-П8 от 21.07.1996 г.
2002	52	Указ Президента РФ от 30 марта 2002 года № Пр-578
2006	34	Указ Президента РФ от 21 мая 2006 года № Пр-842
2011	27	Указ Президента РФ от 7 июля 2011 года № 899

Ни один из перечней не сопровождался указанием на дополнительное финансирование «приоритетов». К источникам финансирования приоритетов 2006 года можно отнести Федеральную целевую программу «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (далее ФЦПИР) [11], которая была принята в 2007 году. В этой программе были предусмотрены средства на прогнозно-аналитическое обеспечение, в рамках которого проходила разработка многих стратегических и прогнозных документов в области науки. В рамках реализации программы были подготовлены ещё несколько прогнозных документов, которые носили, скорее, развёрнутое описание мирового уровня, чем реальный прогноз научно-технологического развития в России. Примерно в этой логике разрабатывались все списки приоритетов 2002–2011 годов.

Попытка уйти от этого подхода была предпринята в 2013 году [5], когда для формирования нового перечня приоритетных направлений были проанализированы некоторые социально-экономические задачи. Поручение по разработке списка приоритетов было продлено в 2014 году [12], а в 2015 году, по существу, было отменено в связи с поручением на разработку стратегии научно-технологического развития [13].

Наконец, в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [4] появился список из семи направлений, которые фактически стали использовать как приоритетные направления.

Формулировка приоритетов в СНТР, достаточно расплывчатая по сравнению со списками, которые утверждались ранее в 1996–2011 годах: «20. В ближайшие 10–15 лет *приоритетами* научно-технологического развития Российской Федерации *следует считать* те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке, и обеспечат:...», и допускает различные толкования о том, как их можно реализовать.

При этом приоритеты и критические технологии 2011 года отменены не были. Можно провести сравнение двух списков – различия не слишком велики. Попытки применения нового списка приоритетов были предприняты в 2018 и 2019 годах при организации конкурсов по ФЦПИР [14].

Следует отметить, что при формировании списка приоритетов в СНТР был использован подход, основанный на анализе «больших вызовов», которые можно считать неким аналогом подхода на основе «анализа социально-экономических задач», который прорабатывался в 2013–2014 годах. Вызовы также сформулированы достаточно обобщённо, и анализа, какие конкретные задачи необходимо решить ни при подготовке СНТР, ни позже проведено не было.

## 4. ПРИОРИТЕТЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕМАТИКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Практический смысл приоритетов заключается в том, что они должны определённым образом выстраивать тематику научных исследований. Результаты анализа различных применявшихся подходов показывают, что приоритеты, формируемые в разной логике, остаются максимально широкими и не дают ориентиров для определения списка практических задач, не сопровождаются анализом доступных ресурсов, которые могут быть использованы для их реализации, и в этом смысле приоритеты в логике, изложенной в разделе 2, являются не приоритетами, а скорее направлениями, в которых могут быть сформированы приоритеты при организации соответствующей работы.

Возникает вопрос, каким путём нужно идти, чтобы выполнить эту работу. Варианты, изложенные в правилах формирования приоритетных направлений [6] и предписывающие провести широкий анализ различных аспектов проблемы, абстрактно могут дать ответ на поставленный вопрос, однако их применение до сих пор не позволило решить эту задачу.

Формирование приоритетов должно удовлетворять общим критериям, которые можно сформулировать следующим образом:

- возможная глубина прогноза – в зависимости от этого целью будут либо прикладные разработки (краткосрочный прогноз) и/или поисковые и фундаментальные исследования – средне- и долгосрочный прогноз;
- возможность формирования ориентиров для проведения прикладных исследований;
- возможность формирования ориентиров для проведения поисковых и фундаментальных исследований;
- системность – возможность охватить анализом максимально широкий круг вариантов развития научных исследований;
- актуальность приоритетов для России, а не только для общемировой повестки исследований;
- возможность концентрации ресурсов на выделенных приоритетах;
- наличие индикаторов достижения цели.

Анализ выполнения этих требований для различных вариантов формирования приоритетов проведём после того, как будет рассмотрен новый подход к формированию приоритетов. В его основе лежит анализ тех ресурсов, которые использует человек в своей деятельности. Анализ истории научно-технического прогресса показывает, что значимые достижения науки появляются тогда, когда начинает проявляться дефицит какого-либо важного ресурса (нехватка продуктов питания, энергии и т. п.). Анализ возможности возникновения дефицитов таких ресурсов в перспективе даёт ориентиры для организации соответствующих исследований – это больше относится к поисковым и фундаментальным исследованиям. Тогда формирование тематики научных исследований может быть выстроено по всему циклу иссле-

дований: прикладные разработки ведутся по направлениям, которые задаёт бизнес, а поисковые и фундаментальные ориентируются на направления, которые потенциально станут важными, в том числе и для бизнеса, в более или менее далёкой перспективе.

#### 4.1. РЕСУРСЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВОМ

Всего около 10 тысяч лет тому назад человечество перешло от охоты и собирательства к земледелию и животноводству. Этот переход занял почти 200 тысяч лет с момента возникновения человека как вида.

Вся дальнейшая эволюция человека – это история вовлечения в хозяйственный оборот всё новых и новых ресурсов, отсутствие или дефицит которых сдерживало развитие. Например, ограниченность физической силы человека привела последовательно к использованию силы домашних животных, силы воды, ветра, пара, затем – к использованию двигателей внутреннего сгорания и электричества.

Ограниченное плодородие почв дало развитие селекции, использованию удобрений, затем привело к развитию генной инженерии, что дало возможность обеспечить продуктами питания миллиарды человек, живущих в настоящее время на Земле. Количество людей 100 тысяч лет назад оценивалось всего в 100 тысяч. В настоящее время – более 7 миллиардов человек. На поддержание жизнедеятельности такого количества людей требуются неизмеримо большие ресурсы.

Основные ресурсы, используемые человечеством, включают три группы: ресурсы самого человека, природные ресурсы и ресурсы, созданные человеком (назовём это инфраструктурой).

Человеческие ресурсы характеризуются численностью рабочей силы, физическими возможностями человека, возможностями накопления и использования знаний, способностью управлять производственными и иными процессами, креативностью – способностью создавать новые продукты и технологии.

Относительная значимость этих ресурсов менялась на протяжении истории. Если вначале большое значение имела физическая сила, то с развитием знаний и технологий важную роль стали играть способности управлять, использовать знания и генерировать новые идеи.

К природным ресурсам можно отнести плодородие почв, климатические условия, способствующие или препятствующие ведению хозяйственной деятельности, полезные ископаемые, используемые в производстве, строительстве, ископаемые и возобновляемые энергоресурсы и т. п.

Наконец, в процессе развития человека были созданы рукотворные ресурсы, влияющие на хозяйственную деятельность: транспортная инфраструктура (автомобильные и железные дороги, аэропорты, навигационные системы и др.); энергетическая инфраструктура (электро- и теплостанции, линии электропередачи, трубопроводы), жилищно-коммунальная инфраструктура, информационная инфраструктура, обеспечивающая передачу информации и взаимодействие людей, и др.

## 4.2. ИСТОРИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Эпоха охоты и собирательства закончилась первой (неолитической) революцией, в ходе которой произошёл качественный скачок с обеспечением человека продуктами питания. Поскольку собирательство было ограничено естественной производительностью природы, количество людей на определённой территории было лимитировано естественной производительностью земли и тем, сколько человек мог добыть продуктов для собственного пропитания.

Следующий существенный скачок, который отмечают историки, – первая промышленная революция, в ходе которой произошёл переход от ручного труда к машинному. В основе лежит переход от ограниченного источника энергии – ручного труда – к использованию энергии воды и затем пара. Изобретение паровой машины позволило существенно увеличить производительность труда, которая была до этого ограничена физической силой человека и использовавшихся им вьючных животных.

Сразу надо оговориться, что между неолитической и первой промышленными революциями произошло много событий, которые также можно было бы отнести к революционным, – изобретение компаса, колеса и др., существенно повлиявших на деятельность человека. Однако они в меньшей степени оказались в поле зрения историков.

Попытки описать развитие человечества с точки зрения достижений науки и техники предпринимаются постоянно. Самые простые системы классификации базируются на каком-то одном широко используемом достижении (эпоха пара, эпоха электричества, атомная эра, космическая эра и т. п.). В более сложных применяется набор связанных достижений с попытками выделить «базовые достижения». Например, теория укладов [15] выделяет отдельные события в качестве рубежных и «нарезает» историю на волны длительностью примерно в 50 лет, определяя в каждом укладе «ключевой ресурс», «ключевой фактор».

При этом достижения более позднего по времени уклада не отменяют технологий предшествующих. Более того, например, «основной ресурс» пятого уклада – атомная энергетика – по доле в энергобалансе занимает сейчас далеко не первое место. При этом «основные ресурсы» более ранних укладов (уголь, углеводороды), по-видимому, ещё долго будут доминировать в энергобалансе.

Теория волн Э. Тофлера [16] включает три волны – аграрную, индустриальную и информационную. Здесь в основе можно выделить повышение роли того или иного ресурса в деятельности человека: аграрная волна – переход к земледелию, преодоление дефицита продуктов питания; индустриальная – связана с преодолением дефицита энергии; информационная волна – с преодолением ограничений в работе с информацией.

Границы волн достаточно условны – можно принять как очевидное повышение роли знаний в современной деятельности человека, однако нельзя сказать, что в первых волнах оно отсутствует. С другой стороны, одно аб-

страктное знание без материального воплощения (причём в новых технологиях, объединяющихся со старыми) тоже невозможно использовать.

Научно-технологические достижения, используемые для других систем классификации развития, включают слишком много разных технологий, чтобы их подробно анализировать в журнальной статье. Эмпирические соображения, лежащие в основе таких классификаций, при описании происходящего не позволяют спрогнозировать, где возникнет следующий прорыв. Другими словами, классификации работают только апостериори и не обладают предсказательным потенциалом.

В конце XX и в начале XXI века было довольно много предположений, что станет основой следующей волны прогресса – биотехнологии или цифровые технологии. В последнее время большое внимание уделяется развитию искусственного интеллекта (далее – ИИ), хотя звучат и скептические голоса, утверждающие, что технологии ИИ имеют ограниченное применение.

Приведённых примеров достаточно, чтобы попробовать связать историю человечества и его научно-технологическое развитие с трансформацией используемых в человеческой деятельности ресурсов. С этой точки зрения более информативной будет классификация развития, относящаяся к отдельным однородным ресурсам. Это методически помогает осмыслить ускорение прогресса по отдельным направлениям и не запутаться в наложении траекторий развития отдельных ресурсов.

Предлагаемый здесь подход позволяет не только провести классификацию развития, но и даёт возможность предсказывать возможные направления развития науки и техники. Это позволяет использовать предложенный подход при формировании перспективной тематики и выборе приоритетов научно-технологического развития.

Если посмотреть на смену технологических укладов, то она происходила тогда, когда какого-либо ресурса переставало хватать для линейного поступательного развития.

Например, земледелие возникло как ответ на недостаточное плодородие земли. Количество людей, которые могли прокормиться на определённой территории, определялось тем, что можно было собрать. Развитие племени могло происходить только за счёт расширения площади сбора, но это, в свою очередь, ограничивалось скоростью перемещения человека.

Радикальное увеличение возможностей обеспечения продуктами питания дал переход к обработке земли и повышению продуктивности сельского хозяйства. Легко продолжить эту логику.

Вначале для обработки использовалась физическая сила самого человека. Когда наступило ограничение по масштабу обрабатываемой площади, был совершён скачок к использованию тягловой силы домашних животных. С помощью домашних животных удалось ещё раз увеличить объём производства. Очередной значительный скачок производительности наступил с использованием машин для обработки земли.

Другая линия увеличения объёмов сельскохозяйственного производства была связана с повышением производительности культур – с селекцией наиболее продуктивных растений и животных. В дальнейшем произошло довольно много частных изменений, и вопрос обеспечения продуктами питания для развитых стран фактически решён, хотя в пределах всей Земли голод – довольно распространённое явление. Однако он связан не с отсутствием технологий как таковых, а, скорее, с ограниченной покупательной способностью населения в слаборазвитых странах.

Довольно просто по этой логике провести анализ развития других ресурсов. На каждом историческом этапе можно проследить основные ресурсы, которыми пользовалось человечество, когда и в чём возникал дефицит, и каким радикальным техническим или организационным достижением этот дефицит был преодолён.

Значимая линия развития связана с ростом энерговооружённости человека: вначале использовалась ручная сила, затем – сила домашних животных, сила ветра и воды, сила пара, двигатели внутреннего сгорания, генерация электричества и электрические машины, атомная энергия.

Доступ к новому ресурсу обеспечивал конкурентные преимущества их владельцам – можно проследить, как доступ к новым видам энергии приводил к упадку одних государств и выходу в лидеры других.

Необходимо отметить, что включение в оборот новых видов ресурсов приводит не только к позитивным, но и к негативным последствиям.

Позитивные последствия прогресса – у людей появляется больше свободного времени, снижается нагрузка на человека, увеличивается продолжительность жизни.

Негативные – усиливается борьба за новые ресурсы, иногда приводящая к войнам, которые в силу использования новых ресурсов становятся всё более разрушительными. Негативное воздействие на экологию становится значимым фактором не только в региональном, но и в глобальном масштабе (озоновые дыры, глобальное потепление). Эти последствия вызывают, в свою очередь, дефициты других ресурсов (чистого воздуха, питьевой воды и т. п.), что создаёт стимулы для дальнейшего развития с целью решения вновь возникающих проблем.

#### **4.3. ЦИКЛ РАЗВИТИЯ РЕСУРСОВ – ОТ ДЕФИЦИТА К ИЗБЫТКУ**

Таким образом, развитие научно-технического прогресса можно представить как череду процессов ликвидации того или иного дефицита ресурсов. Как правило, ликвидация дефицита за счёт нового решения приводит к локальному избытку соответствующего ресурса, и это даёт возможность развития новых направлений, которые в условиях дефицита рассматриваемого ресурса не развивались или развивались в ограниченном объёме.

Типовой процесс преодоления ограничений можно описать в виде нескольких этапов.

- Предыдущая инновация, ликвидировавшая дефицит ресурса, служит началом нового цикла.
- На начальном этапе идёт расширение применения нового или модифицированного ресурса по традиционным направлениям.
- Через какое-то время начинается диверсификация применений ресурса (распространение на новые области применения).
- За счёт новых ниш использования ресурса происходит рост объёмов его применения.
- В силу большего использования ресурса совместно с другими ресурсами возникают ограничения по смежным используемым ресурсам.
- Начинается поиск традиционных решений по ликвидации новых дефицитов (улучшающие инновации).
- Происходит возникновение радикального решения (за счёт выхода за традиционные подходы в развитии дефицитного ресурса), ликвидирующего новые возникшие дефициты – начинается новый цикл развития.

За счёт нового решения обеспечивается избыток по базовому дефицитному ресурсу, вследствие чего происходит расширение применения ресурса на другие области. При этом может происходить замена недефицитных ресурсов на новый ресурс в силу большего удобства, моды, усилий по продвижению и т. п.

**Пример.** Рассмотрим проблему хранения научных данных в печатном виде.

Развитие книгопечатания стало прорывом в вопросах хранения и передачи знаний от поколения к поколению. Это вполне можно было бы назвать «бумажной» революцией. В нашем примере – примем это в качестве исходной инновации.

Развитие полиграфии привело к накоплению большого объёма книг. В какой-то момент владение собственной библиотекой стало практически невозможным как по финансовым соображениям, так и из-за нехватки места для размещения печатных изданий. Сформировался дефицит ресурсов хранения печатной продукции. Как отклик на эти проблемы появились библиотеки – можно назвать их прообразом современных шеринговых технологий (технологий совместного пользования чем-либо). Какое-то время это решение обеспечивало возможности, например, для ведения научной деятельности, которая во многом связана с изучением результатов, полученных другими научными коллективами и публикуемыми в научных журналах.

Однако расширение объёмов научных исследований и связанный с этим рост публикационной активности привели к тому, что хранение нужного объёма журналов стало возможно только в крупных библиотеках, обладающих необходимыми бюджетами и помещениями на закупку и хранение журналов.

В этот момент возникли улучшающие частные решения, связанные с переводом бумажных журналов на другие носители – фото пленку и микрофлешки. Проблема объемов хранения в принципе была решена, однако доступ к таким носителям снова был возможен только в крупных библиотеках, оснащенным соответствующим оборудованием для чтения таких носителей.

Наконец, радикальным решением, пришедшим из другой области, стал переход на цифровой вид хранения данных. С развитием персональной вычислительной техники доступ к объемам информации, сравнимым с хранящимся в крупных библиотеках, стал возможен с персонального рабочего места.

Возникло радикальное решение, ликвидировавшее старые дефициты и создавшее избыточные (для старой задачи хранения печатной продукции) возможности.

С этого момента начинается следующий цикл развития ресурса хранения знаний – его мы здесь рассматривать не будем.

Остановимся на проблемах, которые породило цифровое представление данных. За счёт роста объемов хранения и расширения форматов хранения данных возникла проблема поиска нужной информации. В ответ на это возникли различные системы поиска, но, как правило, поиск был привязан к какому-то одному формату данных.

Возникла проблема качества поиска – в ответ на простой запрос формируется список в несколько миллионов документов, многие из которых повторяются, а большая часть попадает в выборку случайно. Наконец, желание сохранить «все возможные» данные привело к тому, что на их хранение стало тратиться большое количество электроэнергии, которое уже заметно в общем мировом энергобалансе. При сохранении темпов цифровизации возникнут новые ограничения на доступность энергии.

Рассмотрим ещё некоторые следствия цифровизации с точки зрения проблем, которые будут возникать в перспективе. Развитие цифровых накопителей данных, обеспечивающих возможность хранения данных в цифровом виде, привело к избытку возможностей хранения. В результате происходит «оцифровка всего». Текстовая информация дополняется хранением визуальной и звуковой информации. При этом новый вид хранения лишь частично соответствует старому (качество цвето- и звукопередачи произведений искусства – предмет непрекращающихся споров). Восприятие оригинала в музее и репродукции на экране информационно не отличаются (один и тот же объем информации), но очереди на известных художников в музеи сохраняются.

Избыток мощностей хранения дал толчок развитию смежных отраслей – видео, игры и т. д. В том числе возникли ресурсы для обеспечения слежения за перепиской и разговорами со стороны спецслужб.

Ещё одно возникающее ограничение из-за избытка информации – объёмы сохраняемой информации не могут быть восприняты одним человеком. Это в свою очередь приводит к кризису образования в его современном виде.

Адепты цифровизации предлагают дальнейшее увеличение объёмов сохраняемой информации. Проблема – как использовать эти данные – пока обсуждается на отдельных позитивных примерах, при этом предлагается дальнейшее увеличение объёмов сохраняемой информации в предположении, что негативные последствия как-то удастся преодолеть в будущем.

Традиционное решение проблемы – снижение энергоёмкости устройств хранения, развитие источников электроэнергии приведут к обострению проблем теплового и углеродного загрязнений, с которыми параллельно борются другие группы энтузиастов.

Тем не менее, ключевой проблемой будет не наращивание объёмов хранимой информации (этому не видно границ, и снижение энергопотребление памяти даст ещё несколько порядков увеличения объёмов). Следующим дефицитом, скорее всего, будет ограниченная способность человека усваивать нарастающие объёмы информации.

#### **4.4. ИЗБЫТОЧНЫЕ РЕСУРСЫ И БУДУЩИЕ ДЕФИЦИТЫ КАК ОРИЕНТИР ДЛЯ ПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Предложенный метод анализа реальных и возникающих дефицитов позволяет выстраивать приоритеты научных исследований на основе более или менее объективного анализа тенденций развития человеческого общества. Безусловно, для реализации этого подхода потребуются выстраивание системы анализа для перехода на предлагаемый алгоритм.

Если рассматривать систему ресурсов, используемых человеком, с точки зрения возникновения в будущем дефицитов, можно получить инструмент, который позволяет спланировать поисковые исследования в соответствующих направлениях. Пока динамика использования ресурсов была достаточно медленной, можно было выстраивать классификацию научно-технических революций по одному или нескольким наиболее используемым ресурсам. С ускорением развития, расширением направлений исследований мы получаем более сложную картину – растёт количество используемых ресурсов, накладываются друг на друга циклы их использования. Это смазывает картину, не позволяет выбрать один ориентир для развития.

Исследования сразу в нескольких направлениях создают избытки, которые позволяют использовать новые ресурсы для производства товаров и услуг, которые не так давно даже не обсуждались. Это может давать новые возможности для проведения разработок там, где спроса на новую продукцию ещё не возникло, или он быстро меняется, следуя моде или усилиям маркетологов по агрессивному продвижению на рынки.

Таким образом, предлагаемый способ формирования приоритетов не панацея, и его использование следует подтверждать обсуждениями с экспертами в соответствующих областях. Тем не менее, он даёт возможность применять единый алгоритм при выявлении перспективных направлений исследований практически в любой области науки.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В завершение обсуждения предлагаемого подхода сравним его с альтернативными подходами в соответствии с критериями, сформулированными в начале раздела 4. Результаты сравнения представлены в таблице 2. В качестве вариантов сравнения возьмём подход, изложенный в Правилах [5] (обозначен ПН и КТ), подход, основанный на анализе больших вызовов в СНТР (обозначен вызовы) и предлагаемый подход (обозначен Ресурсы).

Таблица 2

Сравнение подходов к формированию приоритетов научно-технологического развития

Критерий	ПН и КТ	Вызовы	Ресурсы
Возможная глубина прогноза	Любая (не регламентирована)	Кратко- и среднесрочная	Любая
Ориентиры для прикладных исследований	Есть	Есть	Есть
Ориентиры для поисковых и фундаментальных исследований	Есть	Нет	Есть
Возможность классификации (системность подходов)	Низкая (используется широкий научный классификатор)	Средняя (выбор набора вызовов ничем не регламентирован)	Высокая (классификатор ресурсов следует из анализа экономической деятельности)
Актуальность для России	Выражена слабо (анализируются общемировые приоритеты)	Выражена сильно (могут рассматриваться социально-экономические задачи, актуальные для России)	Выражена сильно (анализ легко проецируется на российскую ситуацию)
Возможность концентрации ресурсов	Выражена слабо (не формируется список актуальных задач)	Высокая (степень влияния на решение выбранных задач может быть хорошо оценена)	Высокая (степень влияния на развитие ресурса хорошо оценивается)
Наличие индикаторов достижения цели	Отсутствуют (не задаются)	Могут быть чётко сформулированы	Могут быть чётко сформулированы

Сравнение показывает, что предлагаемый метод удовлетворяет всем сформулированным критериям, которые можно предъявить к методике формирования приоритетов, и в силу этого может выступить эффективным инструментом формирования подходов к выявлению перспективной тематики научных исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шенелев Г. В. Об управлении российской наукой // Управление наукой: теория и практика. 2020. Том 2. № 2. С. 65–92. DOI: <https://doi.org/10.19181/smtpr.2020.2.2.3>
2. Шенелев Г. В. Наука в системе экономики // Управление наукой: теория и практика. 2020. Т. 2. № 3. С. 70–90. DOI: <https://doi.org/10.19181/smtpr.2020.2.3.4>
3. Паспорт национального проекта «Наука». Утверждён президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16). [Электронный ресурс] // Правительство России. URL: <http://static.government.ru/media/files/vCAoi8zEXRVСуy2Yk7D8hvQbpbUSwO8y.pdf/> (дата обращения: 09.08.2020).
4. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации утверждена Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207967/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/) (дата обращения: 17.05.2020).
5. Перечень поручений Президента Российской Федерации от 27 декабря 2013 г. № Пр-3086 п.8.2. [Электронный ресурс]. // Президент России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/20004> (дата обращения: 12.08.2020).
6. Постановление Правительства РФ от 22 апреля 2009 г. № 340 «Об утверждении Правил формирования, корректировки и реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Гарант. URL: <https://base.garant.ru/195408/> (дата обращения: 17.05.2020).
7. OECD. Main Science and Technology Indicators. Vol. 2019. Iss. 2. Paris: OECD Publishing, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1787/g2g9ff07-en>
8. OECD. Stat [Электронный ресурс]. URL: <https://stats.oecd.org/> (дата обращения: 17.08.2020).
9. Постановление ЦК КПСС, Совета Министров СССР от 12.07.1979 № 695 «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы» // Библиотека нормативно-правовых актов Союза Советских Социалистических Республик. URL: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/usr\\_10003.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_10003.htm) (дата обращения: 17.08.2020).
10. Приказы Правительственной комиссии по научно-технической политике № 2727п-П8, № 2728п-П8 от 21.07.1996 г. [Электронный ресурс] // Консорциум КОДЕКС. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9034171> (дата обращения: 18.08.2020).
11. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и научно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902010616> (дата обращения: 08.09.2020).

12. Перечень поручений Президента Российской Федерации от 27 декабря 2014 г. № Пр-3011, п.2г [Электронный ресурс] // Президент России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/47367> (дата обращения: 12.08.2020).

13. Поручение Президента Российской Федерации Пр-1369 от 14 июля 2015 г. [Электронный ресурс] // Президент России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/50006/> (дата обращения: 12.08.2020).

14. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» утверждена Постановлением Правительства РФ от 21 мая 2013 года № 426 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_146773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146773/) (дата обращения: 17.05.2020).

15. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВладДар, 1993. 310 с.

16. Тоффлер Э. Третья волна. М.: АСТ, 2004. С. 6–261.

*Статья поступила в редакцию 14.08.2020.*

## ON PRIORITIES OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT

**Gennady V. Shepelev**

---

SRI Federal Research Centre for Projects Evaluation and Consulting Services,  
Moscow, Russian Federation

shepelev-2@mail.ru

DOI: 10.19181/sntp.2020.2.3.1

**Abstract.** Approaches to the formation of priorities of R&D development are analyzed: among them determination of goals, formation of R&D problems to be solved, analysis of available resources. The criteria the procedures of priorities of scientific and technological development to be met are formulated.

The historical retrospective of the scientific and technological development of mankind is considered from the point of view of overcoming the deficits of key resources that arose at various stages of development (food, energy, information, etc.). It is noted that scientific and technical breakthroughs occurred when resources significant for the development of mankind were in deficit.

A model of R&D priorities formation is proposed, based on the analysis of the prospects for the occurrence of resource deficits used by a mankind in its activities. Examples of using the proposed approach for analyzing information resources are given.

**Keywords:** priorities of scientific and technological development, formation of research tasks, scientific and technological progress, goal setting in science, big challenges, search and fundamental research, lack of resources for development.

**For citation:** Shepelev, G. V. (2020). On priorities of scientific and technological development. *Science Management: Theory and Practice*. Vol. 2. No. 3. Pp. 16–36.

DOI: 10.19181/smtp.2020.2.3.1

## REFERENCES

1. Shepelev, G. V. (2020). On the governance of Russian science. *Science Management: Theory and Practice*. Vol. 2. No. 2. Pp. 65–92. DOI: <https://doi.org/10.19181/smtp.2020.2.2.3> (In Russ.).

2. Shepelev, G. V. (2020). Science and economy interrelation. *Science Management: Theory and Practice*. Vol. 2. No. 3. Pp. 70–90. DOI: <https://doi.org/10.19181/smtp.2020.2.3.4> (In Russ.).

3. Pasport natsional'nogo proekta «Nauka». Utverzhden prezidiumom Soveta pri Prezidente Rossiiskoi Federatsii po strategicheskomu razvitiyu i natsional'nym proektam (protokol ot 24 dekabrya 2018 g. № 16) [Passport of the national project “Science”. Approved by the Presidium of the presidential Council for strategic development and national projects (Protocol No. 16 of December 24, 2018)]. (2018). *The Russian Government*. URL: <http://static.government.ru/media/files/vCAoi8zEXRVSuy2Yk7D8hvQbpbUSwO8y.pdf/> (accessed 09.08.2020) (In Russ.).

4. Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii utverzhdena Ukazom Prezidenta RF ot 1 dekabrya 2016 g. No. 642 [The strategy for scientific and technological development of the Russian Federation was approved by Presidential Decree No. 642 of December 1, 2016]. (2016). *ConsultantPlus*. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207967/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/) (accessed 17.05.2020). (In Russ.).

5. Perechen' poruchenii Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 27 dekabrya 2013 g. № Pr-3086 p.8.2 [List of instructions of the President of the Russian Federation dated December 27, 2013 no. PR-3086 p. 8. 2]. (2013). *President of Russia*. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/20004> (accessed 12.08.2020). (In Russ.).

6. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 22 aprelya 2009 g. № 340 «Ob utverzhdenii Pravil formirovaniya, korrektyrovki i realizatsii prioritnykh napravlenii razvitiya nauki, tekhnologii i tekhniki v Rossiiskoi Federatsii i perechnya kriticheskikh tekhnologii Rossiiskoi Federatsii» [The RF Government resolution of 22 April 2009 № 340 “About approval of Rules of formation, adjustment and implementation of priority directions of development of science, technologies and technics in Russian Federation and list of critical technologies of the Russian Federation”]. (2009). *Garant*. URL: <https://base.garant.ru/195408/> (accessed 17.05.2020). (In Russ.).

7. *OECD. Main Science and Technology Indicators*. Vol. 2019. Iss. 2. Paris: OECD Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1787/g2g9ff07-en>

8. *OECD. Stat*. URL: <https://stats.oecd.org/> (accessed 17.08.2020).

9. Postanovlenie TSK KPSS, Soveta Ministrov SSSR ot 12.07.1979 № 695 «Ob uluchshenii planirovaniya i usilenii vozdeistviya khozyaistvennogo mekhanizma na povyshenie ehffektivnosti proizvodstva i kachestva raboty» [Resolution of the Central Committee of the CPSU, the Council of Ministers of the USSR of 12.07.1979 No. 695 “On improving planning and strengthening the impact of the economic mechanism on improving produc-

tion efficiency and quality of work”] (1979). *Biblioteka normativno-pravovykh aktov Soyuzha Sovetskikh Sotsialisticheskikh Respublik*. URL: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/ussr\\_10003.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_10003.htm) (accessed 17.08.2020). (In Russ.).

10. Prikazy Pravitel'stvennoi komissii po nauchno-tekhnicheskoi politike № 2727p-P8, № 2728p-P8 ot 21.07.1996 g. [Orders of the Government Commission on scientific and technical policy no. 2727p-P8, no. 2728p-P8 dated 21.07.1996] (1996). *Konsortsium KODEKS. Ehlektronnyi fond pravovoi i normativno-tekhnicheskoi dokumentatsii*. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9034171> (accessed 18.08.2020). (In Russ.).

11. Federal'naya tselevaya programma «Issledovaniya i razrabotki po prioritetyam napravleniyam razvitiya nauchno-tehnologicheskogo kompleksa Rossii na 2007–2013 gody» [Federal target program “Research and development in priority areas of development of the scientific and technological complex of Russia for 2007–2013”]. (2013). *Konsortsium KODEKS. Ehlektronnyi fond pravovoi i nauchno-tekhnicheskoi dokumentatsii*. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902010616> (accessed 08.09.2020). (In Russ.).

12. Perechen' poruchenii Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 27 dekabrya 2014 g. № Pr-3011, p.2g [List of instructions of the President of the Russian Federation dated December 27, 2014 no. PR-3011, item 2G]. (2014). *President of Russia*. <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/47367> (accessed 12.08.2020). (In Russ.).

13. Poruchenie Prezidenta Rossiiskoi Federatsii Pr-1369 ot 14 iyulya 2015 g. [Order of the President of the Russian Federation PR-1369 of July 14, 2015.] (2015). *President of Russia*. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/50006/> (accessed 12.08.2020). (In Russ.).

14. Federal'naya tselevaya programma «Issledovaniya i razrabotki po prioritetyam napravleniyam razvitiya nauchno-tehnologicheskogo kompleksa Rossii na 2014–2020 gody» utverzhdena Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 21 maya 2013 goda №426 [The Federal target program “Research and development in priority areas of development of the scientific and technological complex of Russia for 2014-2020” was approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 426 of May 21, 2013]. (2013). *Consultant-Plus*. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_146773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146773/) (accessed 17.05.2020). (In Russ.).

15. Glaziev, S. Yu. (1993). *Teoriya dolgosrochnogo tekhniko-ehkonomicheskogo razvitiya* [Theory of long-term technical and economic development]. Moscow: Vladar publ. 310 p. (In Russ.).

16. Toffler, E. (2004). *Tret'ya volna* [Third wave]. Moscow: AST publ. Pp. 6–261. (In Russ.).

*The article was submitted on 14.08.2020.*