

учебный год  
2013-2014

repnoe

ШКОЛА ЭФФЕКТИВНЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ | [WWW.REPNOE.NET](http://WWW.REPNOE.NET)

СЕМИНАР

«ЛИФТ В БУДУЩЕЕ»

26-27 апреля 2014 г.

**«Ничто так не способствует созданию будущего,  
как смелые мечты.  
Сегодня утопия, завтра — плоть и кровь»**

*Виктор Гюго*

## ПРОГРАММА СЕМИНАРА

Суббота, 26 апреля 2014 г.

**10:00–10:15** Открытие семинара:

**10:15–11:45** Сессия:

### «Мировая наука и будущее России»

**МАЛИНЕЦКИЙ Георгий Геннадьевич,**

*доктор физико-математических наук, заведующий отделом моделирования нелинейных процессов Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, вице-президент Нанотехнологического общества России, вице-президент Клуба инновационного развития Института философии РАН, лауреат премии Ленинского комсомола (1985) и премии Правительства Российской Федерации в области образования*

**11:45–12:15** Кофе-пауза

**12:15–13:45** Сессия:

### «Мировая наука и будущее России»

**МАЛИНЕЦКИЙ Георгий Геннадьевич,**

*доктор физико-математических наук, заведующий отделом моделирования нелинейных процессов Института прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, вице-президент Нанотехнологического общества России, вице-президент Клуба инновационного развития Института философии РАН, лауреат премии Ленинского комсомола (1985) и премии Правительства Российской Федерации в области образования*

**13:45–14:30** Обед

**14:30–16:30** Сессия:

### «Репрограммирование клеток: удастся ли обмануть природу?»

**КИСЕЛЕВ Сергей Львович,**

*доктор биологических наук, профессор лаборатории генетических основ клеточных технологий Института общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН.*

**16:30–17:00** Кофе-пауза

**17:00–18:30** Практикум:

### «Мировая наука и будущее России»

**МАЛИНЕЦКИЙ Георгий Геннадьевич,**

*доктор физико-математических наук, заведующий отделом моделирования нелинейных процессов Института прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, вице-президент Нанотехнологического общества России, вице-президент Клуба инновационного развития Института философии РАН, лауреат премии Ленинского комсомола (1985) и премии Правительства Российской Федерации в области образования*

**18:30–19:00** Презентация групп по подготовке выпускных проектов 2013-2014 учебного года

Воскресенье, 27 апреля 2014 г.

- 10:00–11:30** Сессия:  
**«Гении и научные открытия: взгляд сквозь века»**  
**БАСОВСКАЯ Наталия Ивановна,**  
*доктор исторических наук, профессор, заведующая кафедрой всеобщей истории  
Историко-архивного института РГГУ, директор учебно-научного Центра визуальной  
антропологии и эгоистории.*
- 11:30– 12:00** **Кофе-пауза**
- 12:00–13:30** Сессия:  
**«Гении и научные открытия: взгляд сквозь века»**  
**БАСОВСКАЯ Наталия Ивановна,**  
*доктор исторических наук, профессор, заведующая кафедрой всеобщей истории  
Историко-архивного института РГГУ, директор учебно-научного Центра визуальной  
антропологии и эгоистории.*
- 13:30– 14:15** **Обед**
- 14:15–15:45** Сессия:  
**«Поиски жизни на близких и далеких планетах»**  
**СУРДИН Владимир Георгиевич,**  
*кандидат физико-математических наук, доцент физического факультета МГУ, старший  
научный сотрудник Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга  
(ГАИШ МГУ)*
- 15:45– 16:15** **Кофе-пауза**
- 16:15–17:45** Сессия:  
**«Поиски внеземного разума»**  
**СУРДИН Владимир Георгиевич,**  
*кандидат физико-математических наук, доцент физического факультета МГУ, старший  
научный сотрудник Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга  
(ГАИШ МГУ)*
- 17:45– 18:00** **Заккрытие семинара**

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<i>С.П. Капица</i>	<b>Парадоксы роста. Главы из книги</b>	<b>7</b>
<i>В.В. Иванов, Г.Г. Малинецкий</i>	<b>Мировая наука и будущее России</b>	<b>21</b>
<i>Г.Г. Малинецкий</i>	<b>Инновация – последняя надежда России</b>	<b>46</b>
<i>И. Бетеров</i>	<b>О выборе между моделями организации науки</b>	<b>56</b>
<i>Д. Массер</i>	<b>Новая эпоха просвещения</b>	<b>60</b>
<i>С. Файрштейн</i>	<b>Что желает знать наука</b>	<b>65</b>
<i>С.Л. Киселев</i>	<b>Эмбриональные стволовые клетки человека</b>	<b>66</b>
<i>Интервью с С. Киселевым</i>	<b>Ген-господин</b>	<b>72</b>
<i>Л.Дойл, У. Уэлш</i>	<b>Миры с двумя солнцами</b>	<b>74</b>
<i>Интервью с В. Сурдиным</i>	<b>Человеку нечего делать в космосе</b>	<b>81</b>
<i>Г. Рязанцев</i>	<b>Программа «нулевых» в работах Менделеева</b>	<b>85</b>
<i>В. Сурдин</i>	<b>Астрология и наука. Глава из книги</b>	<b>89</b>
<i>К.Грэни, Д.Дэниелсон</i>	<b>Дело Коперника</b>	<b>91</b>
	<b>Эксперты семинара</b>	
	<b>Музыкальное сопровождение семинара</b>	

## «Парадоксы роста». Главы из книги

Сергей Петрович Капица

### В поисках модели роста человечества

#### Введение

В основе исследования лежит количественное описание человечества как динамической системы. Ее рост и развитие обязано взаимодействию, охватывающему всех людей и возникшему с появлением человека, одаренного сознанием. Недаром еще Аристотель в начале своей «Метафизики» говорит, что «все люди от природы стремятся к знанию». Именно развитым сознанием, языком и культурой мы коренным образом отличаемся от животных, и потому нас в сто тысяч раз больше, чем соизмеримых с нами тварей: по существу этому вопросу и посвящены данные исследования процесса роста человечества.

Именно развитым сознанием, языком и культурой мы отличаемся от животных, и потому нас в сто тысяч раз больше.

Работа по данной проблематике привела к тому, что была предложена количественная модель нашего роста и развития. Однако тогда не было полной ясности, почему эта модель, математические средства которой очень просты, даже элементарны, оказалась столь содержательной и эффективной. Поэтому в данном очерке не только представлена модель роста человечества, но и показано, как полученные результаты поддерживаются представлениями антропологии и истории, как они соотносятся с выводами экономики и анализом устойчивости развития. Таким образом, изложение посвящено не столько выводу основных математических формул, сколько выяснению обстоятельств их соответствия действительности и представлениям других наук, в первую очередь общественных. Поэтому математическая часть дана в приложении.

Впервые к этому кругу вопросов обратился Томас Мальтус. Несмотря на то что юноша был студентом богословского факультета Кембриджского университета, он был хорошо образован математически. При посещении его мемориального кабинета в Колледже Иисуса в Кембриджском университете я обратил внимание, какое место там занимали сочинения Леонарда Эйлера. Этот великий математик развил математический анализ в том виде, в каком мы его сейчас знаем, который и поныне служит надежным инструментом физиков и инженеров. Им вполне владел Мальтус: недаром он занял девятое место на математической олимпиаде университета в 1783 г. Хотелось поэтому надеяться, что и современные обществоведы будут в состоянии овладеть математикой на уровне, который продемонстрировал автор первой модели роста населения.

Подход и миропонимание Мальтуса непосредственно связаны с развитием классической механики в XVIII в. и отвечали механистической, ньютоновской методологии и взглядам эпохи Просвещения, а также представлениям физиократов, что сельское хозяйство и производство продуктов питания определяют развитие общества. Само же предположение Мальтуса о том, что экспоненциальный рост населения ограничивается ресурсами, оказало существенное влияние на всё последующее развитие подобных исследований.

Последним обращением к такому подходу стал первый доклад Римскому клубу «Пределы роста». В 1972 г., следуя идеям американского ученого Форрестера о математическом моделировании сложных систем, авторы этого доклада под руководством Денниса Медоуза, проанализировав обширную базу данных, сделали попытку описать текущее развитие человечества. В основе доклада лежало моделирование глобального процесса роста как суммы слагающих его составляющих. Так было привлечено внимание к глобальным проблемам, в чем состоит большая заслуга авторов первого доклада Римскому клубу. Однако их результаты, основанные на редукционизме при суммировании факторов роста, показали всю ограниченность линейных моделей и концепций ресурсного ограничения роста человечества. В этом отношении представляет интерес замечание американского экономиста Герберта Саймона:

*Сорок лет опыта моделирования сложных систем на компьютерах, которые с каждым годом становились все больше и быстрее, научили, что грубая сила не поведет нас по царской тропе к пониманию таких систем... Тем самым моделирование потребует обращения к основным принципам, которые приведут нас к разрешению этого парадокса сложности.*

Данная работа — ответ на этот вызов. Действительно, целостное описание человечества приводит нас к выводу, что социальные процессы развития непосредственно связаны с ростом населения. Однако это нелинейная связь, в которой нет простой причинно-следственной зависимости роста и развития. Поэтому такой подход возможен только, если рассматривать все человечество как целое.

Так, большинство крупных современных историков — Фернан Бродель, Карл Ясперс, Иммануил Валлерштейн, Николай Конрад, Игорь Дьяконов — утверждали, что подлинное понимание развития человечества возможно только на глобальном уровне. В значительной мере ими был развит целостный взгляд на мировую историю, что стало существенным фактором для данных исследований, в которых с самого начала рассматривалось развитие всего человечества. Недаром академик Конрад в итоговом сборнике статей «Запад и Восток» (1972) писал:

*Таким образом, имеющиеся у нас знания прошлого в соединении с тем, что нам открывает наша современная наука по отношению как к прошлому, так и к будущему, позволяют нам осмыслить ход исторической жизни человечества и тем самым наметить философскую концепцию истории. Сделать это можно, однако, только принимая во внимание историю всего человечества, а не какой-либо группы народов или стран...*

*Фактов, свидетельствующих, что история человечества есть история именно всего человечества, а не отдельных изолированных народов и стран, что понять исторический процесс можно, только обращаясь к истории человечества, таких фактов можно привести сколько угодно и во всех областях. Вся история полна ими.*

Немецкий историк и философ Карл Ясперс в книге «Смысл и назначение истории» (1948) первую часть «Мировая история» начинает словами:

*По широте и глубине перемен во всей человеческой жизни нашей эпохе принадлежит решающее значение. Лишь история человечества в целом может дать масштаб для понимания того, что происходит в настоящее время.*

Ясперс подробно аргументирует необходимость рассмотрения истории человечества как глобального процесса, когда все человечество в целом становится объектом исследования. Им выделяются единые процессы развития, которые охватывают весь мир. Однако историческая наука прошла долгий путь в познании общих закономерностей, которые определяют рост и развитие человечества. Надо отметить, что эти поиски были нелегкими, поскольку, как и в демографии, попыткам уловить общие закономерности мешала разрозненность фактов и обстоятельств в постоянно увеличивающемся множестве частных фактов. Недаром видный экономист Фридрих фон Хайек отмечал:

*Деление исследований общества на специализированные дисциплины привело к тому, что все наиболее существенные вопросы пренебрежительно относились к маргиналиям неясной философии развития общества.*

Приведенные взгляды историков стали существенным подтверждением идеи, что необходим подход к росту населения мира и развития человечества как к единому целому, как к развивающейся динамической системе. Однако такой взгляд традиционно отрицался в демографии, поскольку задачу демографии видели в том, чтобы в рамках отдельной страны или региона связать рост населения с конкретными социальными и экономическими условиями и на этой основе дать рекомендации по демографической политике. Именно это тормозило принятие глобального и феноменологического подхода и вытекающих из него выводов как для демографов, так и для обществоведов, концептуально связанных границами стран.

Следует подчеркнуть, что феноменологический подход понимается нами так, как это принято в физике, а не в философии. Иными словами, мы обращаемся к общим принципам самоподобного развития, причинности, выраженной в статистических представлениях, и на этой основе строим теоретические модели. Поэтому мы и не обращаемся к так называемым элементарным явлениям, частично описывающим свойства составляющих систему компонент, суммируя которые можно представить целое. Опыт показывает, что даже для более простых, чем человечество, систем такой путь построения модели часто практически неосуществим.

Первый и наиболее успешный опыт феноменологического подхода был развит в термодинамике, когда газ рассматривался как система из многих взаимодействующих частиц. Благодаря столкновениям молекул, находящихся в термодинамическом равновесии, их состояние менялось медленно и обратимо. В этом случае можно ввести такие понятия, определяющие термодинамическое состояние системы, как температура и давление, а также обратиться к представлению об энергии и энтропии, не входя в детальное понимание свойств атомов или молекул, составляющих газ.

Только рассматривая все население мира как взаимосвязанную систему удалось описать развитие человечества в целом.

В дальнейшем при рассмотрении процессов развития сложных систем — систем, далеких от равновесия, в которых происходят необратимые процессы эволюции и роста, — оказалось, что феноменологический подход открывает путь к пониманию таких систем на

новой основе. Даже для такой сложной системы, как человечество, он позволяет описать процессы роста и развития населения Земли. Только поднявшись на глобальный уровень анализа, переоценив масштаб проблемы, рассматривая уже все население мира как единый объект, как взаимосвязанную

систему, удалось описать развитие человечества в целом. Более того, такое обобщенное понимание истории оказалось не только возможным, но и очень результативным. Именно с таких позиций можно не только описать наше прошлое, включая и самое далекое, но и понять глобальный демографический переход, который мы переживаем, и на этой основе предложить картину нашего развития в обозримом будущем.

Для этого надо было коренным образом изменить метод исследования, точку зрения как в пространстве, так и во времени и рассматривать человечество с самого начала его появления как глобальную структуру. В этом случае причину роста следует искать не в сумме всех действующих факторов, а в том коллективном взаимодействии, которое охватывает все человечество и определяет его развитие. Более того, как выяснилось, развитие этой динамической системы не только нелинейное и необратимое, но и далекое от равновесия и в настоящее время завершается демографической революцией. Это фазовый переход в новое состояние именно в физическом смысле. За всю свою историю человечество никогда прежде не переживало такой глубокой перестройки системы, что и делает наше время столь уникальным.

Столь глубокой перестройки путем фазового перехода в новое состояние человечество никогда прежде не переживало.

Следует отметить, что этот вывод принимается с трудом. Недаром замечательный математик и физик академик Людвиг Фадеев при обсуждении доклада автора на Президиуме РАН проницательно заметил, что каждое поколение обычно убеждено в своей исключительности. Именно поэтому он обратил внимание на необходимость последовательного утверждения сделанного вывода. В значительной мере в этом и состоит задача автора. Вот почему мы обратимся к феноменологическому целостному описанию роста и будем рассматривать человечество как единую, сильно связанную систему, в которой действует управляющий развитием общий механизм, и таким образом поймем происходящее. Тогда достигнутое понимание может стать основой действия.

Течение времени в истории неравномерно и зависит от самого развития.

Появление такой системы, как человечество, есть результат его *эволюции* и *самоорганизации*, которые привели к возникновению качественно нового объекта, выделяющего его из всего животного мира.

Поэтому для его исследования мы обращаемся к методам, использующим коллективные взаимодействия для описания причинных связей в эволюции сложных систем. Под сложными системами мы понимаем системы, развитие которых зависит от числа связей между людьми на нашей планете, и сложность системы определяется не суммой числа людей, а квадратом численности населения мира. В этом состоит нелинейность процесса роста и невозможность обращения к простым причинно-следственным связям между ростом и развитием. При этом оказывается, что течение времени в истории неравномерно и зависит от самого развития. Сжатие исторического времени крайне обостряет темпы развития и придает особое значение всему, что происходит в эпоху демографической революции.

Таким образом, при интерпретации феноменологической теории роста населения нашей планеты необходимо использовать представления физики нелинейных явлений и неравновесных процессов, развитые уже в науке XX в., и с самого начала отбросить аддитивность и линейный подход. Отметим, что такая теория в принципе должна оперировать статистическими распределениями для переменных, но на первом этапе автор ограничился упрощенным подходом, вводя их средние значения. Обращаясь к идее сложности и взаимосвязанности системы, которой мы описываем развитие человечества, мы преследовали цель выяснить смысл сделанных выводов и определить пределы их применимости. В

итоге именно феноменологическое понимание в противовес редуccionизму позволяет положить наши выводы в основу действенной политики.

Обратимся к вопросу о численности человечества по сравнению со всеми другими животными. Самое главное, что нас в **сто тысяч раз** больше, чем сравнимых с нами по массе животных, таких как волки или медведи в наших широтах или крупные обезьяны в тропических странах (см. рис. 1).

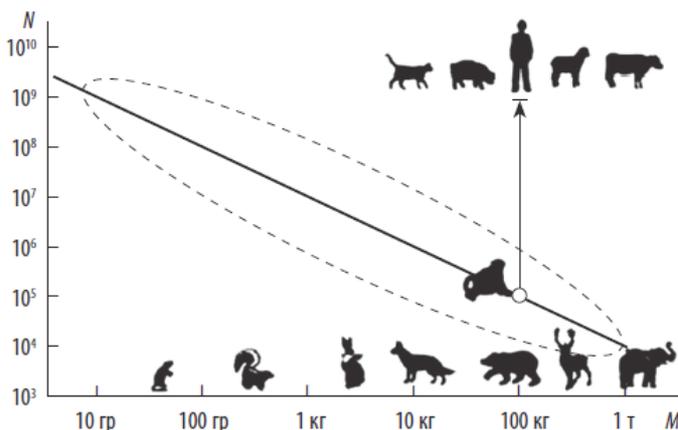


Рис. 1. Численность животных разных видов на Земле в зависимости от их массы

Этот существенный факт требует пояснения. Заметим, что именно эти животные в мифологическом сознании первобытных людей почитались как наши далекие предки. Однако между нами и ими нет промежуточных форм, которые в наивных образах могли бы объяснить происхождение и эволюцию человека, и человек как бы выпадает из животного мира. Именно такими соображениями руководствуются те, кто до сих пор так настойчиво предлагает неэволюционные пути появления человека, одаренного разумом. Эволюционно и биологически человек очень близок к животному миру. Тем не менее ни один вид сопоставимых с человеком по биологии и питанию животных, чьи популяции занимают ограниченный ареал, а численность вида определяется динамическим равновесием с окружающей природой, никогда не развивался так стремительно, как человек. Подобный рост нашей численности совершенно необычаен и происходит прямо на наших глазах. Так, 75 лет тому назад меня в школе учили, что на Земле 2 млрд человек, а в настоящее время нас более 6,5 млрд. Именно это выделяет нас среди всего мира животных и делает таким особым наш вид, рост его численности и развитие. Более того, человек еще со времен неолита, 10 000 лет тому назад, окружил себя домашними животными, которые тоже умножили свою численность, далеко опередив своих диких собратьев. Так, число голов крупного рогатого скота в мире превышает два миллиарда, а его вклад климатически активных газов (таких как метан и углекислота) в атмосферу сравним с индустриальной деятельностью человека.

Человек окружил себя домашними животными, которые также умножили свою численность, далеко опередив диких собратьев.

Именно разумом человек отличается от всего животного мира, и своим развитым сознанием он обязан стремительному росту своей численности.

Указанные обстоятельства должны учитываться, когда мы обращаемся к общим проблемам роста и развития человечества. В то же время человек, несомненно, представляет собой один вид *Homo sapiens* — человек разумный, с одним и тем же числом

хромосом, а представители разных рас могут скрещиваться между собой. Но именно разумом человек отличается от всего животного мира, и своим развитым сознанием он обязан стремительному росту своей численности. Более того, сжатие исторического времени крайне обостряет темпы развития и придает особое значение всему, что происходит в нашу эпоху. В исследовании этого процесса и сопутствующих явлений в значительной мере и состоит основная цель данной работы.

В заключение заметим, что помимо фундаментального значения таких работ для понимания развития человечества в целом подобные исследования глобальной истории необходимы и для осмысления судеб нашей страны. Благодаря географической протяженности, истории и разнообразию социальных и экономических условий Россия во многом воспроизводит глобальные процессы. Поэтому с учетом исторических масштабов этих проблем для нас существенно их понимание на уровне всего человечества, что дает возможность обратиться и к российским проблемам в критическую эпоху мировой и отечественной истории.

Таким образом, книга предлагает новое видение прошлого, количественный подход к антропологии и истории. В то же время эти представления затрагивают актуальные вопросы экономики, устойчивости развития и тем самым связаны с вопросами мировой безопасности. И это открывает путь для понимания того социально-экономического кризиса, который так внезапно пришел и теперь стремительно развивается в мире.

## Моделирование глобального роста человечества

Ответ на центральный вопрос

— чем человек обязан своему развитию, в результате которого его численность на пять порядков превосходит всех сравнимых с ним тварей, — как антропология, так и история связывают с сознанием человека. Однако для автора задача состоит в том, чтобы выразить этот вывод на языке математических моделей и физических теорий, которые опираются на основные представления, принятые в науках об обществе и экономике.

Для этого посмотрим, как за последние 4000 лет росла численность человечества (см. рис. 2).

Эту картину развития человечества мы представим на полулогарифмической сетке, где течение времени  $T$  показано на линейной шкале, а рост населения мира  $N$  — на логарифмической шкале, поскольку население за 4000 лет возросло в 100 раз.

На графике видно, как вблизи 2000 г. население мира внезапно устремляется в бесконечность

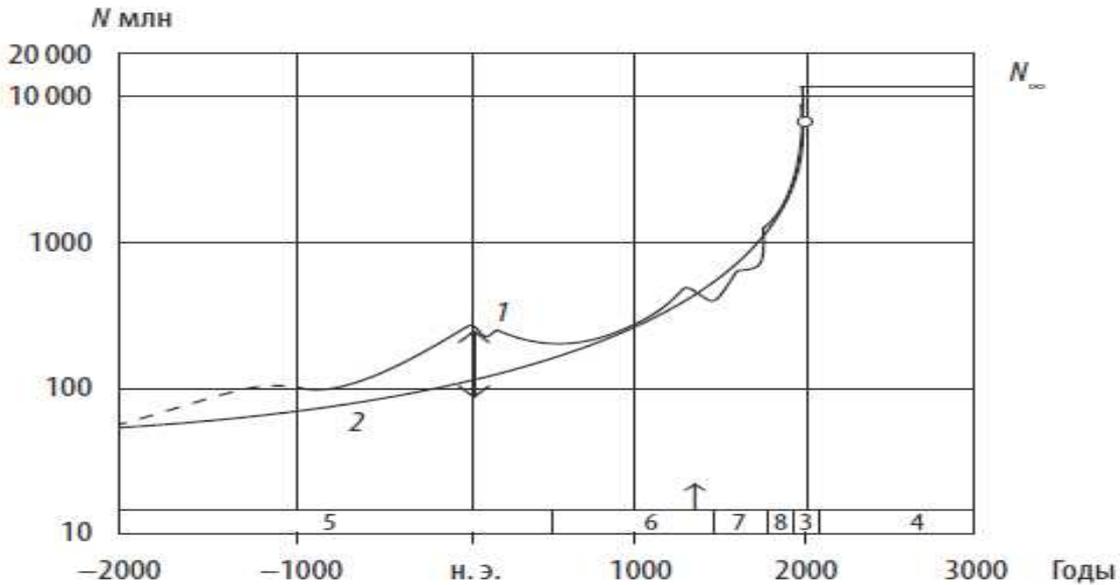
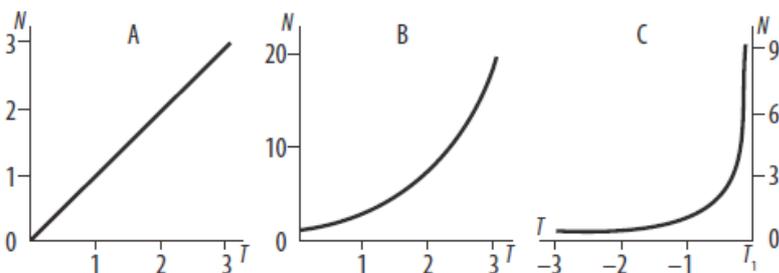


Рис. 2. Население мира от 2000 г. до н. э. до 3000 г.

1 — население мира от –2000 г. до нашего времени; 2 — взрывной режим, ведущий к обострению процесса роста численности населения мира; 3 — демографический переход; 4 — стабилизация населения; 5 — Древний мир; 6 — Средние века; 7 — Новая и 8 — Новейшая история, ↑ — пандемия чумы 1348 г., ↕ — разброс данных; о —  $N(1995) = 5,7$  млрд;  $N_{\infty} = 11,4$  млрд. Если представить всю длительность развития человечества во временном масштабе данного графика от времени антропогенеза, то 5 млн лет назад находится в 100 м влево. Это указывает на то, как неравномерно течение исторического времени, вследствие чего длительность эпох сокращается по мере приближения к моменту демографического перехода и стабилизации населения мира.

демографического взрыва, который так озадачил демографов.

Поэтому для описания роста человечества рассмотрим три основных траектории развития (см. рис. 3). Первым показан линейный рост **A**, где численность населения  $N$  растет пропорционально времени  $T$  и скорость роста постоянна. График линейного роста лучше всего отображать на линейной сетке для времени и численности населения. При экспоненциальном росте **B** скорость уже пропорциональна самой численности населения и в этом случае появляется характерное для роста время. В математике обычно принято обращаться ко времени  $T_e$  для экспоненциального роста системы в  $e$  раз, где  $e = 2,72$  — основание натуральных логарифмов. Часто прибегают к более наглядному времени удвоения  $T_2 = 0,7T_e$ , которое на 30% меньше  $T_e$ . На полулогарифмической сетке экспоненциальный рост отображается прямой, на которой время представлено на линейной, а население — на логарифмической шкале. Если бы население мира росло экспоненциально, то на рис. 2 такой рост отображался бы прямой, чего заведомо нет ни на одном этапе роста.



$$\frac{dN}{dT} = A, N = AT \quad \frac{dN}{dT} = \frac{N}{T_e}, N = N_0 \exp \frac{T}{T_e}, \frac{dN}{dT} = \frac{N^2}{C}, N = \frac{C}{T_1 - T}$$

Рис. 3. Линейный рост — A, экспоненциальный рост — B и гиперболический рост — C

Рост человечества происходит совершенно иначе. Мы видим, как медленный в начале рост все ускоряется и по мере приближения к третьему тысячелетию устремляется в бесконечность

демографического взрыва, и это происходит в конечное время около 2000 г. Такой процесс отражает гиперболический график роста **C**. Эта закономерность, для которой также нет характерного времени роста, представляет для нас основной интерес, поскольку данные для населения мира за миллион лет с удивительной точностью описываются формулой:

$$N = \frac{200 \cdot 10^9}{2025 - T} = \frac{C}{T_1 - T}, \quad (1)$$

где  $C = 200$  млрд — постоянная с размерностью [человек × годы], а время выражено в годах. Следует отметить, что указанный закон роста очевидным образом возникает при первых попытках описать данные по росту человечества. Поэтому неудивительно, что к нему приходили в разное время разные исследователи. Одним из первых был Маккендрик, на что автору указал Натан Кейфиц. Затем к этому выражению в 1960 г. обратились американский инженер Форстер и немецкий физик Хорнер. Последний рассматривал возможность справиться со взрывным уходом численности населения на бесконечность путем распространения человечества на другие планеты Солнечной системы.

С Хорнером я впервые встретился на Международном конгрессе по астронавтике в Дрездене, где я выступал с пленарным докладом по глобальным проблемам, и он рассказал о своих идеях. Это заседание особенно запомнилось, так как оно проходило в дни объединения двух Германий в октябре 1991 г.

Заметим также, что к указанной закономерности обратился советский астрофизик И. С. Шкловский в 6-м посмертном издании замечательной книги «Вселенная, жизнь, разум». На основании этой модели он пришел к выводу, что рост определяется и ограничивается социальными и ресурсными, а не биологическими факторами. Эти работы показывают всю широту и сложность проблем, которые следуют из модели неограниченного роста.

Однако в демографии выражение (1), характеризующее гиперболический рост населения мира, никогда всерьез не рассматривалось по трем причинам.

Во-первых, в демографии было принято рассматривать население Земли просто как арифметическую сумму отдельных, не взаимодействующих популяций. Ведь задача демографии виделась в объяснении роста в зависимости от конкретных социальных и экономических условий, которые невозможно сформулировать для всего населения мира и тем более связывать скорость роста с

В демографии было принято рассматривать население Земли просто как арифметическую сумму популяций отдельных стран.

полным населением Земли. Во-вторых, выражение (1) обращается в бесконечность по мере приближения к 2025 г. и не имеет смысла за пределом этой даты. Наконец, это выражение приводит к трудностям и при оценках населения в далеком прошлом. Так, 20 млрд лет тому назад, при рождении Вселенной согласно представлениям космологии, должно было бы уже быть десять человек, несомненно, самих космологов, наблюдающих и обсуждающих возникновение Вселенной!

Тем не менее постоянство этого закона роста поразительно, и если исходить из известных нам оценок населения в прошлом, он соблюдается при увеличении населения земли в десятки тысяч раз. По существу так описывается развитие человечества со времени появления *Homo habilis* (человека умелого) полтора миллиона лет тому назад, однако должного внимания на это не обращали. Численность человечества на тот момент представляет большой интерес, и потому я обратился к знаменитому французскому антропологу, профессору Коллеж де Франс Иву Коппену с вопросом: сколько тогда жило людей? Его ответ был краток и точен: сто тысяч, т. е. столько же, сколько крупных животных, подобных человеку. Оценка основана на наблюдении, что в то время на востоке и юге Африки существовало порядка тысячи больших семей по сто человек в каждой.

Эта оценка не противоречит оценкам других авторов, касающихся этого существенного времени в истории человечества в эпоху антропогенеза. Первые открытия принадлежат английскому антропологу Лики. В дальнейшем крупный вклад был сделан французской экспедицией, которой руководил Коппен, исследовавший раннюю эпоху становления человечества. Именно тогда начался гиперболический рост численности населения нашей планеты. С тех пор эта численность увеличивалась прямо пропорционально квадрату населения мира вплоть до нашего времени, когда для гиперболического роста скорость обратно пропорциональна квадрату времени. Медленная в начале, по мере роста населения скорость все увеличивается и в итоге происходит быстрее, чем по экспоненте, устремляясь в бесконечность, в конечное время, равное  $T_1 = 2025$  г.

Линейный и гиперболический процессы самоподобны, т. е. во все моменты времени относительный рост неизменен.

Поэтому, обращаясь к развитию населения как единой динамической системы, мы будем рассматривать выражение (1) не только как обобщение исторических данных, но и как объективную физическую закономерность и математически

содержательное выражение. Оно описывает рост населения как самоподобный процесс, развивающийся по гиперболической траектории, поскольку функция роста (1) — однородная функция. Это свойство, открытое еще Эйлером, указывает на то, что в таких функциях нет характерного внутреннего масштаба. В частности, такой функцией является линейная функция. Однако экспоненциальный рост таким свойством уже не обладает, поскольку он определяется внутренним параметром экспоненциального времени  $T_e$ .

Однородные функции — линейная, или же гиперболическая, — описывают рост как самоподобный или автомодельный процесс, в котором во все моменты времени относительный рост неизменен. Только в выделенных точках особенностей, или сингулярностей, это самоподобие нарушается. В случае роста по гиперболе это происходит в далеком прошлом, когда население асимптотически приближается к нулю, либо в то критическое мгновение  $T_1$ , при котором  $N$  обращается в бесконечность в момент обострения. В этой сингулярности, при которой функция (1) стремится к бесконечности, состоит главная привлекательность этой формулы, поскольку именно тогда и происходит коренное изменение в развитии системы, связанное с демографическим переходом от стремительного роста к стабильному населению мира.

Мой доклад о росте населения Земли на семинаре Сергея Павловича Курдюмова стал настоящим откровением для меня и для коллектива Института прикладной математики им. М. В. Келдыша. Действительно, в современной прикладной математике такие процессы с обострением, при которых одна или несколько моделируемых величин обращаются в бесконечность за конечный промежуток времени, представляют большой интерес. Поэтому Курдюмовым и его коллегами для проблематики режимов с обострением были созданы мощные математические методы, которые, в частности, служат и для обоснования представлений синергетики, развитой немецким физиком Хакеном. Это нашло отражение в обширных приложениях в теории взрывных процессов, ударных волн, в физике фазовых превращений, а также в описании неравновесных процессов развития систем в синергетике и химической кинетике. Эти понятия принадлежат физике сложных систем, и теперь они применяются к человечеству в целом, став основанием для новых количественных результатов и поучительных качественных аналогий.

Прежде чем мы обратимся к выводам, следующим из закона гиперболического роста, выясним смысл постоянной величины  $C$ , которая, как легко видеть, определяет население Земли за год до особенности. Таким образом, эта постоянная зависит от выбранной единицы времени, основанной на времени обращения Земли вокруг Солнца, которая никак не выражает природу человека. Однако, если в эту модель ввести собственную единицу времени, определяемую уже эффективной продолжительностью жизни человека, то это открывает путь к определению пределов применимости (1).

Это время  $\tau = 45$  близко к среднему возрасту человека, и в рамках модели оно возникает как полуширина глобального демографического перехода (см. рис. 5). Тогда при построении модели время следует выражать в масштабе  $\tau = 45$  лет, и вместо постоянной  $C$  целесообразно ввести

константу  $K = \sqrt{C/\tau} = 60000$ . В отличие от постоянной  $C$ , имеющей размерность времени,  $K$  — это безразмерный большой параметр, число, которое определяет все соотношения, возникающие при построении модели роста. В дальнейшем мы увидим, что во всех выводах теории это число становится главной характеристикой той динамической системы, развитие которой мы рассматриваем.

Так, числом  $K \sim 10^5$  определяется как начальная популяция *Ното* 1,6 млн лет тому назад, так и предел, к которому стремится население Земли,  $\sim K^2 \approx 10$  млрд, а продолжительность развития человечества оказывается порядка  $T_0 \approx K\tau \sim 3$  млн лет.

Величиной порядка  $K$  определяется масштаб такой самодостаточной группы людей, как университетский город, наукоград или часть мегаполиса. Москва при населении  $\sim 10$  млн разделена на 100 административных округов по 100 тыс. в каждом. При анализе флуктуаций оказывается, что  $K$  определяет первичный масштаб корреляций в популяции и численность структур при самоорганизации человечества. Так, малочисленными народами принято считать народы с численностью менее 50 000 тысяч.

Главный секрет гиперболического, взрывного развития состоит в том, что скорость роста пропорциональна не первой степени численности населения, как при экспоненциальном росте, отражающем способность каждого человека к

Секрет гиперболического, взрывного развития состоит в том, что скорость роста пропорциональна квадрату численности населения мира.

размножению, а второй степени — квадрату численности населения мира. Это существенное свойство, которое непосредственно следует из того, что рост человечества описывается гиперболическим законом. Следует подчеркнуть, что изменение показателя степени от единицы для экспоненциального роста к двойке для гиперболического закона роста — это не уточнение ранее принятой модели, а появление качественно новой закономерности в описании роста популяции (в нашем случае — всего человечества).

Пример процессов с обострением — атомная бомба, в которой в результате разветвленной цепной реакции происходит ядерный взрыв.

Настоящее исследование в значительной мере посвящено изучению всех последствий этого подхода, который указывает на то, что в основе роста человечества следует рассматривать коллективное взаимодействие всех людей на Земле. В частности, такое

взаимодействие аналогично взаимодействию Ван дер Ваальса в неидеальном газе, которое хорошо изучено в молекулярной физике, а также во многих других разделах физики. Процессы, зависящие от квадрата числа частиц, возникают при химических реакциях второго порядка в химической физике. Такие процессы могут быть описаны на примере разветвленных цепных реакций, асимптотически приводящих к квадратичной зависимости скорости реакции от времени, рассмотренной Г. Б. Манелисом. В качестве примера таких процессов с обострением приведем атомную бомбу, в которой в результате разветвленной цепной реакции происходит ядерный взрыв. Квадратичный рост населения нашей планеты указывает на аналогичный и гораздо более медленный, но не менее драматичный процесс, когда информация в результате цепной реакции умножается на каждом этапе роста, определяя тем самым нарастающие темпы развития во всем мире.

Такое взаимодействие можно представить как сумму всех парных взаимодействий, возникающих между  $N$  людьми. В таких системах с сильной связью частиц возникают коллективные степени свободы, определяющие структуры, зависящие в неравновесных условиях от времени. В итоге именно это приводит к квадратичной связи скорости роста с развитием системы, которое выражается исходным уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{K^2}, \quad (2)$$

где время  $dt = dT/\tau$  измерено в единицах  $\tau = 45$  годам. В этом нелинейном дифференциальном уравнении роста развитие выражено через квадрат полного числа людей на Земле в данный момент времени, отнесенного к квадрату константы  $K^2$ .

Таким образом, это фундаментальное уравнение роста лежит в основе всех развитых далее представлений о коллективном взаимодействии и следующих из этого выводов.

Экспоненциальный рост предполагает только индивидуальную способность человека к размножению, которая не зависит от остальных людей. Поэтому в невзаимодействующей популяции экспоненциальный рост не зависит от суммарного населения, и в принципе рост определяется временем удвоения. Однако согласно новому пониманию роста человечества рост происходит в результате *коллективного механизма* умножения нашей численности. Причины этого могут быть разными, однако мы увидим, как коллективный механизм делает их эффективными факторами роста в масштабе всего человечества.

Рост человечества происходит в результате коллективного механизма умножения нашей численности.

В основе приближенных асимптотических методов лежит учет различия процессов роста разного временного масштаба.

Модель самоподобного роста, выраженная формулой (1), имеет ограниченную область применения во времени в силу того, что это выражение асимптотическое. В математике под асимптотическим методом понимают возможность пренебречь процессами, не

оказывающими в первом приближении существенного влияния. Этот прием широко используется в физике, поскольку на основании качественных рассуждений часто можно оценить, какими процессами можно пренебречь, и таким образом построить приближенную теорию. Более того, в физике практически все теории имеют такой характер, и в этом состоит глубокое различие между физикой и математикой. Представьте себе такой диалог между физиком и математиком:

*Физик:* Раз  $5 \times 5 = 25$  и  $6 \times 6 = 36$ , то, следовательно,  $7 \times 7 = 47$ !

*Математик:* Это совершенно неверно, так как можно строго доказать, что  $7 \times 7 = 49$ .

Физик: Наверное, это так. Но  $7 \times 7 = 47$  почти верно, и для нашей задачи это уже годится.

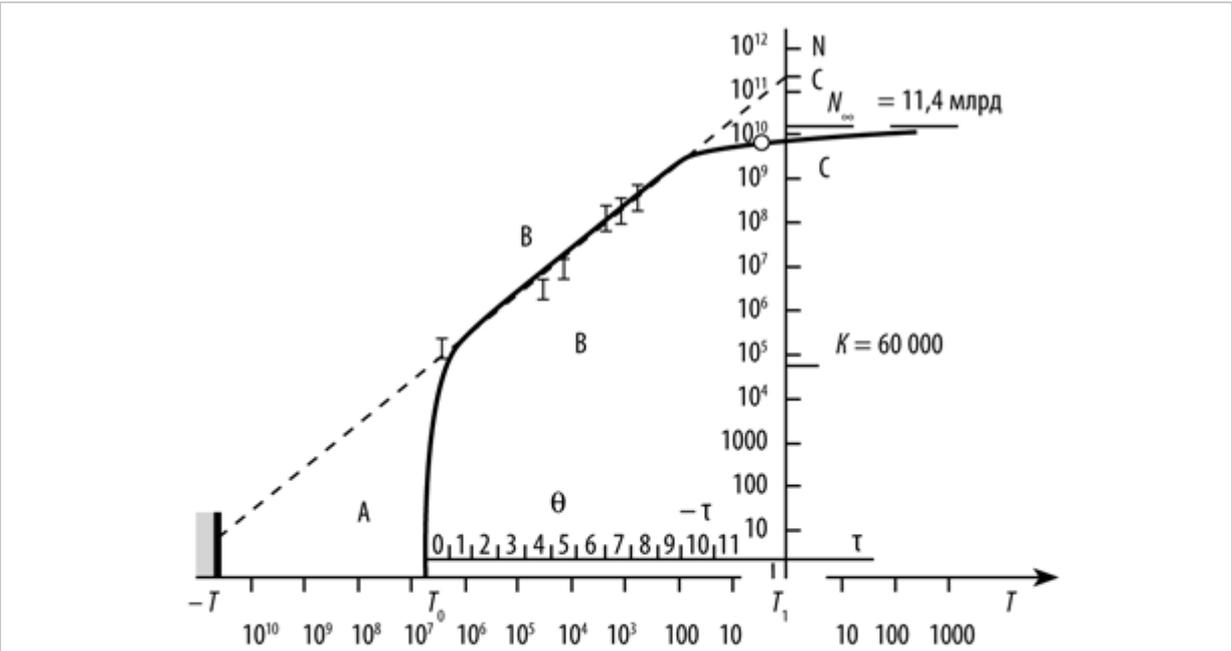
Конечно, это карикатура, но в основе приближенных асимптотических методов, развитых для рассмотрения сложных систем в синергетике, лежит учет различия процессов роста разного временного масштаба. Применительно к человечеству это означает, что следует различать медленное глобальное развитие, сопоставимое с собственным масштабом времени прошлого, и быстрые процессы, связанные с конкретными историческими событиями, происходящими в масштабе, соизмеримом с жизнью человека, с временем  $\tau = 45$  годам. В исторических науках на это явление указывал Бродель:

*Историки в последнее время стали выделять это различие в образах временных структур и связей. Первые относятся к долговременным, вторые — к кратковременным сущностям.*

Подчеркнем, что вековой процесс роста *самоподобен*, иными словами, на всех стадиях такого автомодельного процесса его природа не меняется, и относительная скорость роста остается неизменной при постоянной логарифмической скорости:

$$\frac{d \ln N}{d \ln T} = -1,$$

что видно на графике, построенном на двойной логарифмической сетке, адекватной рассматриваемой задаче (см. рис. 9). На этом графике хорошо видно, как происходит смена режимов самоподобного роста и как преодолевается особенность роста при прохождении полюса при  $T_1 = 1995$  г. Вблизи другой особенности роста в прошлом окрестность полюса также выколота, когда в начале антропогенеза при  $T_1 = 4,5$  млн лет линейный рост начался с одного человека. Таким образом, рост определяет системное развитие, где движущим фактором самоподобного — автомодельного — развития оказываются связи глобального сетевого информационного сообщества, охватывающие все человечество эффективным информационным полем.



**Рис. 9. Рост населения мира от возникновения человека до предвидимого будущего**

График построен в двойном логарифмическом масштабе  $Lg T — Lg N$ , что отвечает динамике развития человечества. Демографические циклы, как  $\theta = \ln t$ , и окрестности вблизи  $T_0$  и  $T_1$  выколоты.

Автомодельность роста, или его самоподобие, представляет существенное понятие в динамике развития. В случае процессов, протекающих во времени, оно означает общую инвариантность характера движения. Поясним сказанное примерами, взятыми для наглядности из механики. Простейший и важный пример — это движение по инерции. Так, Галилеем было открыто, что

свободное от воздействия сил материальное тело движется по инерции с постоянной скоростью. В этом случае можно сказать, что движение самоподобно, поскольку во все моменты времени движение происходит одинаковым образом и только приложением внешней силы это движение может быть изменено.

Такое самоподобное движение происходит и тогда, когда действует постоянная внешняя сила, например сила тяжести при падении тела или сила натяжения веревки, удерживающей камень при его движении по кругу: такие движения тоже самоподобны. Однако если веревка внезапно оборвется, то камень полетит по инерции по прямой. На этом основан принцип действия пращи, когда один режим движения сменяется другим, тоже самоподобным, пока камень не ударится об стенку и внезапно не остановится. При этом важно иметь в виду, что указанные режимы реализуются в течение длительного времени, а их изменения могут происходить практически внезапно. По существу, подобные процессы наблюдаются при росте и развитии человечества, и потому такие примеры полезны как иллюстрация различных масштабов времени при развитии системы.

Учет различия в факторе времени и скорости относительного роста дает ключ к пониманию фундаментального характера информационного механизма развития человечества. Поэтому, обращаясь к понятиям физики и языку математики, важно привести эти представления в соответствие с образами и понятиями историков и экономистов, с тем чтобы в междисциплинарном опыте сотрудничества их видение соотносилось с представлениями, лежащими в основе модели. Именно это позволило по-новому понять многие количественные особенности глобальной истории человечества. В частности, таким путем можно определить мгновенное значение экспоненциального роста в прошлом. Расчет показывает, что это характерное время равно возрасту события, отсчитываемому от момента демографического перехода.

Характерное время изменений равно возрасту события, отсчитываемому от момента демографического перехода.

Анализ гиперболического роста человечества, связывающий рост численности человечества с его развитием, позволил предложить кооперативный механизм развития, когда мерой развития является квадрат численности населения мира. Эта интерпретация развития привела к центральному предположению, что коллективное взаимодействие определяется механизмом распространения и размножения обобщенной информации в масштабе человечества, задающим его самоподобное развитие. Поэтому происхождение и природу квадратичного закона роста человечества следует объяснять передачей и размножением информации. При этом нет необходимости обращаться к тому или иному конкретному механизму, который приводит к росту численности. Это вытекает из последовательного феноменологического анализа гиперболического роста населения нашей планеты.

Итак, опираясь на статистические принципы физики, впервые удалось в элементарных выражениях описать динамически развитие человечества более чем за миллион лет — от возникновения человека, одаренного сознанием, до наступления демографического перехода и далее — в предвидимое будущее. После сингулярности — расходимости при  $T_1$  происходит падение скорости роста до нуля. За этим вскоре последует стабилизация населения мира до момента достижения значения  $N_\infty = 2N_1 = 11,4$  млрд, что равно удвоенному населению в момент перехода. Этот сценарий развития соответствует тому, к которому из эмпирического опыта и интуитивных соображений пришли демографы (см. рис. 7).

Существенен вопрос об устойчивости гиперболического роста. Согласно синергетике, в результате нелинейной связи быстрые внутренние процессы стабилизируют медленное вековое гиперболическое развитие населения мира вплоть до самой демографической революции, когда рост уже не может поспеть за развитием. Так конкретные исторические явления, имеющие локальный и даже хаотический характер, стабилизируют глобальное развитие. В рассматриваемой модели этим интуитивным представлениям придан физический смысл, когда быстрые короткопериодные процессы стабилизируют медленное вековое движение квадратичного роста по гиперболе. Это происходит и тогда, когда быстрые процессы, процессы истории, сами неустойчивы.

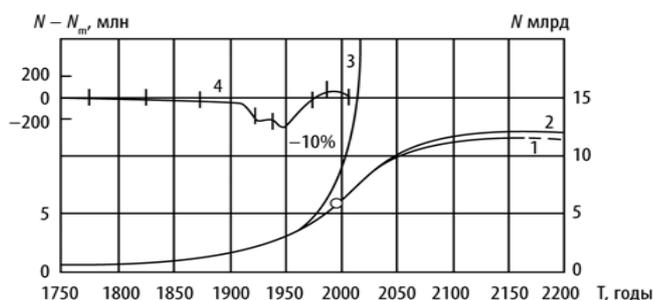


Рис. 7. Рост населения мира в течение демографической революции 1750–2200 гг.

1 — прогноз IASA; 2 — модель; 3 — взрывной уход на бесконечность (режим с обострением); 4 — разность между расчетом и населением мира, увеличенная в 5 раз, где видны суммарные потери при мировых войнах XX в.,  $\circ$  — 1995 г. Продолжительность демографического перехода составляет  $2\tau = 90$  лет.

Для пояснения сказанного обратимся к механическим аналогиям. Подобным образом происходит стабилизация оси волчка в пространстве от действия гироскопических сил при его быстром вращении. Эти же силы при возмущении положения оси волчка приводят к медленному прецессионному движению вблизи положения динамического равновесия. Так же ведет себя маятник при быстрых колебаниях подвеса, стабилизирующих медленное движение самого маятника вблизи положения равновесия.

Хорошо известно, что умело закрученный плоский камень, брошенный под малым углом к поверхности пруда способен многократно отскакивать от воды, совершая прыжки на большое расстояние. В этом явлении мы видим, как быстрое вращение камня стабилизирует его в пространстве, несмотря на удары о поверхность воды. С другой стороны, мы видим, как в этих условиях преобразуется движение камня по инерции и образуется устойчивая периодическая серия укорачивающихся скачков, пока движение не затухнет и камень не утонет. В этой механической модели можно усмотреть поучительные аналогии с предложенной моделью развития населения Земли, когда внутренние процессы приводят к возникновению периодических циклов, которые определяют развитие и устойчивость этого процесса. Поэтому подобные примеры, взятые из механики, помогают понять развитие такой сложной системы, как человечество, в результате которого население Земли в среднем устойчиво следует по статистически детерминированному пути автомодельного, самоподобного роста, управляемого внутренней динамикой роста, сцепленного с развитием благодаря разуму.

Таким образом, рост и развитие человечества обязаны сознанию человека, его культуре и развитой системе передачи знаний как вертикально — из поколения в поколение, так и горизонтально — в пространстве нашей планеты, которое управляет этим глобальным процессом, каким бы ни был конкретный механизм роста. Поэтому, если разум выделяет человека среди всех других сопоставимых с нами видов животных, то именно в появлении разума следует искать ответ на эту загадку эволюции человека.

Его предлагают последние исследования, проведенные методами молекулярной биологии. Они показали, что, по-видимому, критическим событием стала мутация одного или двух генов HAR1 F, которые определяют организацию мозга на 5–9-й неделе развития эмбриона. Об этих исследованиях рассказывает руководитель международного проекта Кэтрин Поллард в статье «Что нас делает людьми?», опубликованной в журнале «В мире науки».

Рост численности человечества определяется внутренними процессами его развития.

В настоящее время есть все основания считать, что такое внезапное точечное изменение в геноме наших далеких предков, произошедшее 7–5 млн лет тому назад, могло привести к качественному скачку в организации мозга. Это

стало причиной развития социального сознания и культуры, приведшие к необычайному численному росту человечества. Вследствие этой мутации после длительной эпохи антропогенеза появились речь и язык, а человек овладел огнем и каменными орудиями. С тех пор биологическая природа человека изменилась мало, несмотря на стремительный процесс нашего социального развития. Поэтому понимание последнего столь значимо сегодня, когда выяснилось, что именно нелинейная динамика роста населения человечества, основанная на информационном коллективном механизме роста и подчиняющаяся собственным внутренним силам, определяет не только наше взрывное развитие, но и его предел.

Таким образом, на основе такого феноменологического подхода впервые удалось предложить теорию роста и количественно описать важнейшие явления развития человечества, как взаимодействующего сообщества. Это привело к понятию феноменологического принципа *демографического императива*, гласящего, что рост определяется внутренними процессами развития человечества, в отличие от популяционного принципа Мальтуса, согласно которому рост населения ограничен внешними ресурсами.

Это очень существенный вывод, имеющий далеко идущие последствия при определении путей развития человечества, когда не количественный рост, а его качественное развитие становится центральным фактором нашей социальной эволюции. Более того, отсюда вытекает существенный политический вывод: борьба за ресурсы больше не может рассматриваться как главная цель развития.

Борьба за ресурсы больше не может рассматриваться как главная цель.

Современный исторический опыт ряда развитых стран, в первую очередь севера Европы и Японии, указывает на справедливость этого заключения. Таким образом, рост, пропорциональный квадрату числа людей, не определяется развитием независимых единиц или даже групп людей и зависит только от коллективного взаимодействия всего человечества. Более того, в рамках такого подхода рост рассматривается как нелокальное поведение всего человечества, эволюционирующего как целое,

как суперорганизм. Это можно описать понятием антропосферы, а система распространяющихся и развивающихся знаний осуществляется посредством того, что И. П. Павлов назвал второй сигнальной системой.

Эта концепция, выдвинутая Павловым еще в 1932 г., рассматривает как присущую только человеку систему условно-рефлекторных связей, которая определяет принципиальное различие в работе головного мозга животных и человека. Вторая сигнальная система формируется в высших отделах центральной нервной системы, работает на основе первой сигнальной системы и активизируется при воздействии в первую очередь речевых раздражителей. Если мозг животного отвечает лишь на непосредственные зрительные, звуковые и другие раздражения или их следы, когда возникающие ощущения составляют образ действительности, то человек обладает помимо того способностью обобщать словом бесчисленные сигналы первой сигнальной системы. При этом слово, по выражению Павлова, становится сигналом сигналов при переходе от слов к языку. Таким образом, первая и вторая сигнальные системы — различные уровни единой высшей нервной деятельности, когда в природе человека вторая сигнальная система играет ведущую роль. Анализ и синтез, осуществляемые корой больших полушарий головного мозга, благодаря наличию второй сигнальной системы связаны уже не только с отдельными конкретными раздражителями, но и их обобщениями, представленными в словах и понятиях.

Способность к обобщенному отражению явлений и предметов обеспечила человеку неограниченные возможности ориентации в окружающем мире и в конечном итоге позволила создать науку. Формирование второй сигнальной системы происходит только под влиянием общения человека с другими людьми, т. е. определяется воспитанием и образованием, полученным в обществе. Для полноценного развития личности необходимо своевременное и правильное развитие обеих сигнальных систем. Это созвучно и представлениям В. И. Вернадского о ноосфере и нашло свое выражение в концепциях современного общества знаний, развитых во Всемирном докладе ЮНЕСКО.

В заключение заметим, что в прошлом связь между Западом и Востоком на Евразийском суперконтиненте осуществлялась торговыми путями, из которых важнейшим был Великий шелковый путь. По этой разветвленной сети не только перемещались товары и пряности, но распространялись знания, идеи и религиозные представления. В частности, из Индии через Хайберский проход пришел буддизм и двинулся на запад к Калмыкии, а на восток, северным путем, — в Монголию, Китай и Японию. Другая сеть караванных путей связывала страны и культуры Африки с Европой. В далеком прошлом шли эти процессы обмена и диффузии, в которых значительную роль играли переселения народов, происходившие и под влиянием изменений климата. Так развивалось информационное единство человечества, на что указывают и взаимовлияние культур и языков мира.

### **Демографическая революция**

Для понимания развития человечества рассмотрим в первую очередь пределы области режима самоподобного роста, ограниченного двумя главными особенностями. Во-первых, в далеком прошлом рост оказывается слишком медленным. Поэтому, чтобы исключить эту особенность роста из рассмотрения, когда время делается бесконечно долгим, а население все медленнее стремится к нулю, следует предположить, что в эпоху антропогенеза минимальная скорость роста не может быть меньше появления одного гоминида за характерное время. Этого простого предположения достаточно для того, чтобы ввести минимальную скорость роста и описывать процессы антропогенеза как линейный рост популяции людей, одаренных разумом. Даже такая наивная гипотеза оказывается результативной и приводит к разумной оценке длительности той далекой от нас эпохи. Более того, выясняется, что можно принять микроскопическое время, равное  $t = 45$  годам, одинаковым как в прошлом, так и в настоящем времени, что указывает на постоянство этой константы, определяемой природой человека от его появления вплоть до времени демографического перехода.

Демографический переход состоит в смене режима роста режимом стабилизации населения.

При рассмотрении критической эпохи 2000 г. в пике демографического взрыва и самой эпохи демографического перехода скорость роста должна быть ограничена сверху естественным пределом удвоения за время порядка  $t =$

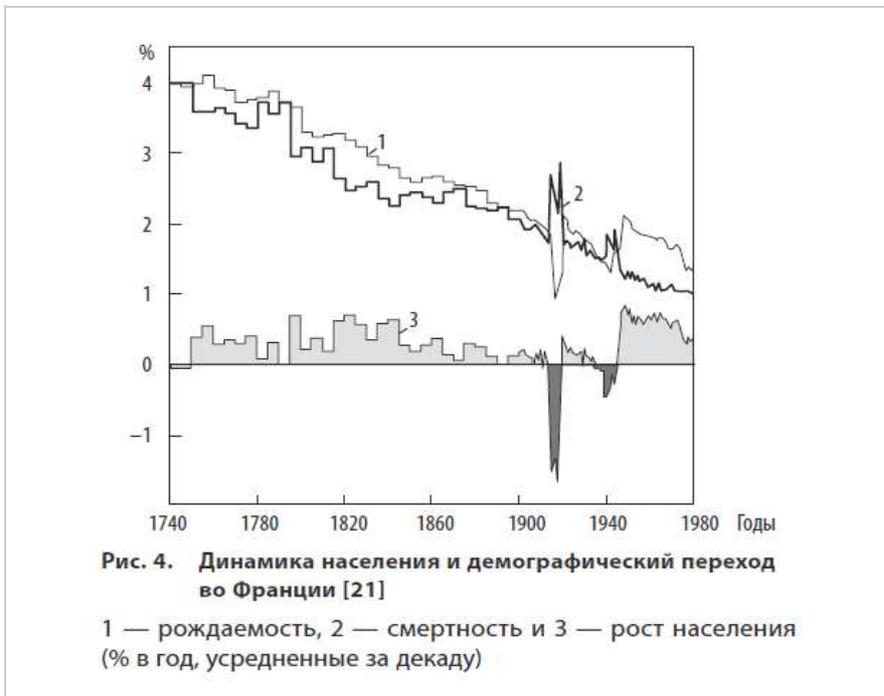
45 лет как длительности эффективной репродуктивной жизни человека. Ввиду невозможности дальнейшего продолжения самоподобного роста во время демографического взрыва в режиме с обострением рост завершается демографическим переходом при резком изменении всего хода нашего развития. Таким образом, демографический переход состоит в смене режима роста режимом стабилизации населения.

Это важнейшее явление в развитии населения страны впервые было открыто и сформулировано французским демографом Адольфом Ландри применительно к населению Франции:

*В XVIII в. Франция пережила не только свою великую политическую революцию, которая совершилась в 1789 г., но и демографическую революцию. Политическая революция от мечена такими*

яркими событиями, как штурм Бастилии или уничтожение привилегий; в течение нескольких лет многое не обратимо изменилось и сменило существующий порядок.

Но ничего столь же сенсационного, что отметило бы наступление другой революции, не произошло. Ее развитие было незаметным и относительно медленным. Тем не менее она в не меньшей степени является революцией, поскольку тогда, когда происходит изменение режима, революция и происходит. Это верно в демографии, как и любой другой области. Внезапность изменений не является обязательной. Действительно, говоря о демографической революции, при которой происходит смена неограниченного воспроизводства на ограниченное, есть все основания придерживаться данного определения без каких-либо добавлений.



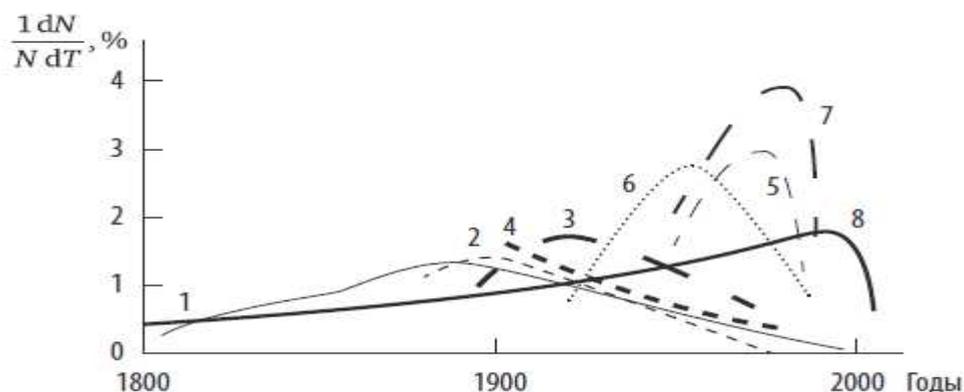
Для населения мира переход показан на рис. 5, а для отдельных стран — на рис. 6. Если демографы исследовали этот феномен в масштабе страны и определяли его как переход, то мы обратимся к переходу как глобальному событию и, согласно определению Ландри, как к глобальной демографической революции.



На этих рисунках видно, что суммарный глобальный демографический переход происходит практически одновременно во всем мире, несмотря на разницу в истории и экономике стран, из которых состоит человечество. Действительно, переход в так называемых развитых странах протекает медленнее и только на 50 лет опережает переход для всего населения Земли. Эта синхронность и эффективное сужение перехода, несомненно, являются мощным свидетельством глобальной

системности процессов роста народонаселения на Земле, обострившихся в эпоху демографической революции. Это дает новое объяснение и понимание процессу глобализации, который так теперь привлекает внимание современников, потому что происходит за время порядка т.

Однако человечество в масштабе своего векового и самоподобного развития в целом всегда было глобальной системой.



**Рис. 6. Демографический переход в разных странах**

Графики сглажены и рост дан в процентах в год. 1 — Швеция, 2 — Германия, 3 — СССР, 4 — США, 5 — Маврикий, 6 — Шри-Ланка, 7 — Коста-Рика и 8 — мир в целом. На этом графике видно формирование глобального перехода. Если переход в Швеции и во Франции занял 160 лет, то чем позднее он начинается, тем острее протекает.

Таким образом, речь идет о новом подходе к пониманию всего хода глобальной истории человечества, неизменного в течение 1,6 млн лет — от возникновения человечества до современного кризиса в его развитии. До самого демографического перехода этот рост был динамически самоподобным и протекал так, что относительная — логарифмическая скорость роста была постоянной и тем самым характеризовала усредненное развитие всей популяции людей — всего человечества. Результатом этого развития стала демографическая революция, при которой произошли резкое изменение всего векового развития человечества и его взрыв в наше время.

Демографическая революция и переход к постоянному населению нашей планеты, несомненно, самое крупное за всю историю потрясение в развитии человечества. При этом изменения коснутся всех сторон нашей жизни, а мы волей случая стали свидетелями этого величайшего переворота. Поэтому всесторонний анализ должен быть в центре внимания всех людей, и никакие события — ни эпидемии или войны, ни даже изменения климата — несоизмеримы с теми, которые ныне разворачиваются. Эти события отвечают современным представлениям о роли разума и сознания человека, которые лежат в основе теории роста, как модели коллективного поведения системы народонаселения Земли.

Демографическая революция и переход к постоянному населению, несомненно, самое крупное за всю историю потрясение в развитии человечества.

В итоге приведенное выше описание глобальной истории человечества позволяет разбить ее на три эпохи. Первая эпоха **A** — это эпоха антропогенеза длительностью 4–5 млн лет. Она привела к появлению исходной популяции *Ното* с численностью порядка ста тысяч. В результате начинается эпоха **B** — взрывного развития по гиперболической траектории и благодаря квадратичному росту достигается предел  $\sim K^2$ , а человечество в это время расселяется по всей Земле. Затем, после демографической революции и стремительного наступления эпохи **C**, следует ожидать быстрого перехода к стабилизации населения нашей планеты.

Для каждой из этих эпох рост описывается асимптотически: линейное в начале, гиперболическое в течение эпохи **B** и постоянное при выходе из демографического перехода. При завершении демографической революции население Земли достигнет  $\sim 11$  млрд, после чего следует ожидать стабилизации населения нашей планеты. Естественно, что это глобальное расписание нашего прошлого только в общих чертах описывает рост человечества, которое тем не менее при минимальном числе констант в модели, дает вполне приемлемую картину нашего роста и развития.

Однако важно отметить, что в представленной картине не отражены процессы, связанные с динамикой расселения людей, ресурсов и всего, что связано с экономикой, с системой

жизнеобеспечения человека. Их отсутствие в данной модели требует пояснения, поскольку многие авторы именно эти факторы считали основными, определяющими рост и развитие человечества. Но если мы обратимся к динамике роста человечества, то увидим, что экономика, по существу, является производной от роста и развития, системно связанных между собой, а не их причиной, и поэтому в первом приближении пространственные переменные и ресурсы не должны учитываться.

<http://www.dynacon.ru/content/articles/1988/>

## **«МИРОВАЯ НАУКА И БУДУЩЕЕ РОССИИ»**

*(аналитический доклад В. В. Иванова и Г. Г. Малинецкого Изборскому клубу)*

### **ПРЕАМБУЛА**

В настоящее время проблемы развития науки находятся в центре общественного внимания. Острую дискуссию в обществе [1] вызвало обсуждение в Государственной думе законопроекта «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», подготовленного Правительством РФ [2], который призван сформировать новый облик российской науки и определить судьбу фундаментальных исследований на десятилетия вперёд.

Экономика и предпринимательство определяют сегодняшний день общества и государства; технологии и уровень образования – завтрашний (5-10 лет). Фундаментальная наука и инновационная активность – послезавтрашний (10 лет и далее). Говоря о сегодняшних проблемах отечественной науки, мы обсуждаем и планируем будущее России.

В настоящее время сложились два подхода к определению места науки в современном обществе. Либо наука представляет собой существенную часть «мозга общества», решает важные для страны проблемы, позволяющие изменить к лучшему её перспективы и место в мире, расширить коридор возможностей. В этом случае перед российской наукой со стороны государства и общества нужно ставить масштабные задачи и добиваться их выполнения. Либо наука является частью «джентльменского набора» «приличных стран», которым необходимо подражать в основном из-за соображений престижа, тогда начинается борьба за цитируемость, места в рейтингах, приглашения зарубежных учёных, которые должны научить нас «как надо работать», а основной целью провозглашается интеграция отечественной науки в мировое научное пространство.

Важнейшая метафора в этой проблеме – *цикл воспроизводства инноваций* [3] (рис.1).

Для исследователя наука является целью и смыслом деятельности. Для общества – это средство, позволяющее обеспечить его благополучную, безопасную жизнь и достаток сейчас и в обозримой перспективе. В ответ на вызовы, с которыми сталкивается общество, оно, опираясь на науку, добытое знание, создаёт новые товары и услуги (результат внедрения изобретений, нововведений, которые сейчас часто называют инновациями), порождает новые организационные стратегии, цели, меняет мировоззрение и идеологию.

Необходимость делать это быстро и масштабно привела во второй половине XX века к созданию *национальных инновационных систем* (НИС), которые в простейшем виде могут быть представлены так, как на рис. 2.

Сначала осмысливается область наших знаний и технологий, угрозы, вызовы и возможности, которые может дать исследование неведомого. Это очень важный процесс, требующий диалога и взаимопонимания между властью, учёными и обществом.

Затем проводятся фундаментальные исследования, цель которых – получение нового знания о природе, человеке и обществе. Трудность планирования таких работ связана с тем, что зачастую неясно, каких усилий и какого времени потребует следующий шаг в неведомое. Параллельно с этим готовятся специалисты, ориентированные на получение и использование нового знания. Условно будем считать, что блок фундаментальной науки и образования обходится в 1 рубль.



Рис. 1. Цикл воспроизводства инноваций



Рис. 2. Организационная структура НИС на макроуровне.

Затем полученное знание в ходе научно-исследовательских работ (НИР) воплощается в изобретения, действующие образцы, новые стратегии и возможности. Этим занимается прикладная наука, которая обходится около 10 рублей. Именно в этом секторе и делается около 75% всех изобретений.

После этого в результате опытно-конструкторских разработок (ОКР) создаются на основе результатов прикладных исследований технологии производства товаров, услуг, изделий, дающих новые возможности обществу и государству. Эти товары и услуги выводятся на национальные или мировые рынки крупными государственными или частными высокотехнологичными компаниями. Стоит это около 100 рублей.

Далее созданное реализуется на рынке или используется во благо общества другим способом. Часть полученных при этом средств затем вкладывается в фундаментальные и прикладные исследования, в систему образования и опытно-конструкторские разработки. Круг замыкается.

Описанный круг воспроизводства инноваций, являющийся ядром национальной инновационной системы, можно сравнить с автомобилем. Систему целеполагания и выбора приоритетов можно сопоставить с ветровым стеклом. (В России она отсутствует – в правительственных документах называется слишком много приоритетов. На них просто нет ресурсов.) В машине имеется руль. В стране должны осуществляться координация усилий, ресурсов, анализ полученных результатов и выработка на этой основе управленческих воздействий. В СССР эту функцию исполнял Государственный комитет по науке и технике при Совете Министров. В РФ подобной структуры нет – около 80 ведомств могут заказывать исследования за счёт федерального бюджета, никоим образом не координируя свои планы и не сводя воедино полученные результаты...

Фундаментальная наука и система образования выполняют скорее роль навигатора, показывающего карту возможностей общества. По счастью, они пока сохранились.

Прикладные исследования играют роль мотора. Они были почти полностью уничтожены в самом начале 1990-х годов правительством Ельцина–Гайдара. Последний вошёл в историю крылатой фразой о том, что «наука подождёт». В последние 20 лет гайдаровская стратегия и была по большей части реализована. Российская наука всё ещё «ждёт»!

Роль «колёс» играют крупные высокотехнологичные компании. Их в России практически нет.

Проблема в том, что для движения «инновационного автомобиля» нужны все составные части. Попытки несистемных действий к позитивным результатам не приводят. Сколько ни реформируй «навигатор», без двигателя и колёс машина не поедет. Если не использовать руль, то получается растрата научного бюджета России в особо крупных размерах. Если игнорировать фундаментальную науку и заказчиков, способных вывести результаты прикладных разработок на российский и мировой рынок, то двигатель будет работать вхолостую. Истории «Роснано» и «Сколково» это подтверждают.

Системный характер развития науки и технологий проявляется и в том, что они оказываются очень тесно связаны с другими сферами жизнедеятельности, поэтому приходится говорить о синтезе усилий в разных сферах, о политике инновационного развития (ПИР) см. рис. 3.



Рис. 3. Составляющие политики инновационного развития.

Последняя представляет собой совокупность политики социального развития, научной, образовательной и промышленной политики, опирающихся на имеющиеся ресурсы и в максимальной степени использующих конкретные конкурентные преимущества государства – людские, географические, финансовые, энергетические и иные ресурсы. Эти ресурсы направляются на развитие науки, образования, наукоёмкого производства. В результате этого создаются новые технологии и виды продукции, позволяющие обеспечить темпы роста качества жизни и устойчивость социально-экономического развития на уровне ведущих стран мира в этой области [4].

### Наука, технологии и будущее

*«Блажен, кто посетил сей мир  
В его минуты роковые!  
Его призвали всеблагие  
Как собеседника на пир»  
Ф.И. Тютчев*

О результатах развития науки и технологий позволяет судить число людей на Земле и средняя продолжительность жизни. И с этой точки зрения достижения человечества грандиозны.

Число людей на планете растёт стремительно: каждую секунду в мире рождается 21 и умирают 18 человек. Ежедневно население Земли увеличивается на 250 тысяч человек, и практически весь этот прирост приходится на развивающиеся страны. За год нас становится больше приблизительно на 90 миллионов человек. Рост населения мира требует возрастающего как минимум в том же темпе производства пищи и энергии, добычи полезных ископаемых, что приводит к возрастающему давлению на биосферу планеты [5].

Однако еще более, чем абсолютные цифры, впечатляют глобальные демографические тенденции. Священник, математик и экономист Томас Мальтус (1766-1834) в конце XVIII века выдвинул теорию роста народонаселения. В соответствии с ней число людей в разных странах увеличивается в *одинаковое число раз* за равные промежутки времени (то есть в геометрической прогрессии), а количество продовольствия увеличивается на одинаковую величину (то есть в арифметической прогрессии). Это несоответствие, по мысли Т. Мальтуса, должно приводить к опустошительным войнам, уменьшающим число людей и возвращающим систему к равновесию.

В условиях избытка ресурсов численность всех видов: от амёб до слонов, — растёт, как и предполагал Мальтус, в геометрической прогрессии. Единственным исключением является человек. Численность нашей популяции в течение последних 200 тысяч лет росла по гораздо более быстрому (так называемому гиперболическому) закону – красная кривая на рис. 4. Этот закон таков, что если бы тенденции, сложившиеся в течение сотен тысяч лет сохранились, то нас стало бы бесконечно много при  $t_f = 2025$  год (в теории, которая рассматривает такие сверхбыстрые процессы, эту дату называют *моментом обострения*, или *точкой сингулярности*).

Что же выделило человека из множества других видов? Это способность создавать, совершенствовать и передавать *технологии*. Выдающийся польский фантаст и футуролог Станислав Лем определил их как «обусловленные состоянием знаний и общественной эффективностью способы достижения целей, поставленных обществом, в том числе и таких, которые никто, приступая к делу, не имел в виду» [6]. В отличие от всех других видов мы научились передавать жизнеспасающие технологии в пространстве (из одного региона в другой) и во времени (от одного поколения другому), и это позволяло нам расширять в течение сотен веков свой ареал обитания и экологическую нишу.

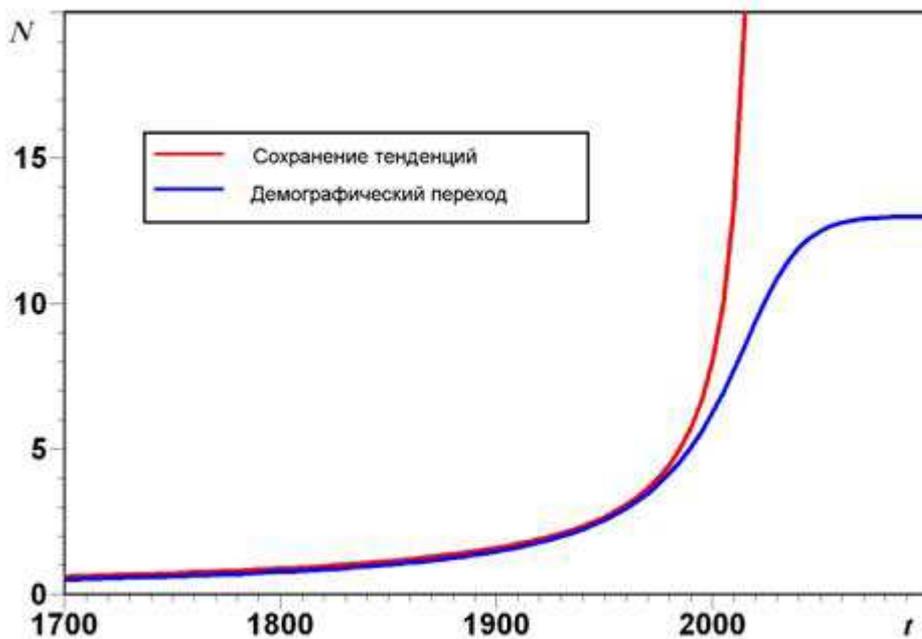


Рис. 4.

Технику, техносферу (от греч. *techne* – искусство, мастерство) мы все чаще рассматриваем как созданную нами искусственно «вторую природу». В конце XVIII века выдающийся французский математик Г. Монж объединил технические и теоретические знания (полученные в результате фундаментальных исследований) в высшем образовании и деятельности инженеров, заложив тем самым основы современной инженерии.

Скорость роста численности людей на планете в течение сотен тысяч лет росла по одному и тому же закону. И удивительно быстро, на времени жизни одного поколения, эта тенденция «ломается» – скорость роста народонаселения в мире в целом резко уменьшается (синяя кривая на рис. 4). Это явление получило название *глобального демографического перехода*. Этот переход и составляет *главное содержание переживаемой эпохи*. Такого крутого поворота в истории человечества ещё не было.

Какое будущее ждёт человечество? Ответ на этот вопрос дают *модели мировой динамики*. Первая такая модель, связывающая численность человечества, основные фонды, имеющиеся ресурсы, уровень загрязнённости, площадь сельскохозяйственных угодий, была построена американским ученым Дж. Форрестером в 1971 году по заказу Римского клуба [7], объединяющего ряд политиков и предпринимателей. Предполагалось, что взаимосвязи между исследуемыми величинами будут такими же, как в период с 1900 по 1970 год. Компьютерные исследования построенной модели позволили дать прогноз на XXI век. В соответствии с ним мировую экономику ожидает коллапс к 2050 году. Упрощая ситуацию, можно сказать, что *замыкается петля отрицательной обратной связи: исчерпание ресурсов – понижение эффективности производства – уменьшение доли ресурсов, направляемых на охрану и восстановление окружающей среды, – ухудшение здоровья населения – деградация и упрощение используемых технологий – дальнейшее исчерпание ресурсов, которые начинают использоваться с ещё меньшей отдачей*.

Позже сотрудником Дж. Форрестера Д. Медоузом и его коллегами был построен ряд более подробных моделей мировой динамики, подтвердивших сделанные выводы. Через 30 лет, в 2002 году, результаты прогнозов детально сравнивались с реальностью – соответствие оказалось очень хорошим [8]. С одной стороны, это означает, что модель верно отражает главные факторы и взаимосвязи, с другой – что радикальных технологических сдвигов, которые бы позволили человечеству свернуть с опасной неустойчивой траектории, не произошло.

Если в 1970-х годах выводы, сделанные учёными, представлялись неожиданными, то сейчас они кажутся очевидными.

За год человечество добывает объём углеводородов, на создание которого у природы уходило более миллиона лет. Каждая третья тонна нефти сегодня добывается на морском или океанском шельфе вплоть до глубины 2 км. В 1980-х годах был пройден важный рубеж – ежегодный объём добываемой нефти превысил ежегодный прирост разведанных геологами запасов (см. рис. 5).

### Растущий разрыв между ежегодным объемом мировой добычи нефти и объемом разведанных запасов (1930—2050 гг.)



Рис. 5.

Если весь мир захочет жить по стандартам Калифорнии, то одних полезных ископаемых на Земле хватит на 2,5, других – на 4 года... Край совсем близко.

В чём же дело? В неэффективном социально-экономическом укладе. Стремительное развитие науки и технологий породило иллюзию неограниченных возможностей, шансов на построение «общества потребления», неоправданные ожидания общества на лёгкое решение трудных социально-экономических проблем с помощью знания и технологий.

В 2002 году американский исследователь Матис Вакернагель предложил ряд методик оценки понятия *экологического следа* – земельной территории, необходимой для получения нужного количества ресурсов (зерна, продовольствия, рыбы и т.д.) и «переработки» выбросов, производимых мировым сообществом (сам термин был введен Уильямом Ризом в 1992 году). Сравнив полученные значения с территориями, доступными на планете, он показал, что человечество уже расходует на 20% больше, чем допускает уровень самоподдержания (см рис. 6).



**Рис. В-1. Нагрузка на окружающую среду и уровень самоподдержания (потенциальная ёмкость биосферы)**

График показывает долю поверхности планеты, необходимую для обеспечения человечества ресурсами и для разложения загрязнений. Расчеты ведутся для каждого года, начиная с 1960 г. Потребности человечества сравниваются с доступными ресурсами: на самом деле планета у нас только одна. Начиная с 80-х гг., потребности человека превышают возможности планеты, и выход за пределы в 1999 г. составляет порядка 20%. (Источник: M. Wackernagel et al.)

Рис. 6.

В недавно вышедшей книге Эрнста Ульриха фон Вайцзеккера, Карлсона Харгроуза, Майкла Смита «Фактор 5. Формула устойчивого роста» доказывается, что если страны БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай, Южная Африка) будут потреблять так же, как США, то человечеству потребуется *пять* таких планет, как наша. Но Земля у нас одна...

Есть ли выход? Да, и выход этот был найден группой исследователей из Института прикладной математики АН СССР (ныне ИПМ им М.В. Келдыша РАН) **под руководством профессора В.А. Егорова в 1973 году.**

Исследуя модели мировой динамики, учёные показали, что это возможно. *Необходимое условие для того, чтобы не оставить потомкам огромную свалку или пустыню, – создание в мире двух гигантских отраслей промышленности. Первая занимается переработкой созданных и создаваемых отходов с целью их многократного использования. Вторая приводит в порядок планету и занимается рекультивацией земель, выведенных из хозяйственного оборота.* Недавно построенная академиком В.А. Садовничим и иностранным членом РАН А.А. Акаевым модель показывает, что **при благоприятном сценарии человечеству после 2050 года придётся тратить более четверти валового глобального продукта на сохранение окружающей среды.**

Человечество стремительно идёт к технологическому кризису. Перед наукой и техникой ещё никогда не стояло таких масштабных и срочных задач.

В течение ближайших 15-20 лет учёным необходимо найти новый набор жизнеобеспечивающих технологий (включая производство энергии, продовольствия, рециклинга отходов, строительства, здравоохранения, охраны окружающей среды, управления, мониторинга и планирования, согласования интересов и многих других). Современные технологии обеспечивают нынешний уровень жизни для человечества в лучшем случае в течение ближайших десятилетий. Нам придётся обратиться к возобновляемым ресурсам, к новым источникам развития и создать технологии, которые позволяют развиваться хотя бы в течение веков. Сравнимого вызова перед наукой ещё не было.

### **Научные и технологические перспективы первой половины XXI века**

*Единственное, чему научила меня моя долгая жизнь: что вся наша наука перед лицом реальности выглядит примитивно и по-детски наивно – и всё же это самое ценное, что у нас есть.*

А. Эйнштейн

В этом пункте следует разделить технологии и связанные с ними прикладные исследования и фундаментальную науку.

Сложность динамики общества связана с тем, что в его развитии существенную роль играют процессы, разворачивающиеся на разных характерных временах. На глобальные демографические перемены, о которых речь шла выше, накладываются циклы технологического обновления. В начале XX века выдающийся экономист Николай Дмитриевич Кондратьев показал, что хозяйство стран-лидеров развивается *длинными волнами* продолжительностью 45-50 лет. На основе развитой теории была предсказана Великая депрессия 1929 года, сыгравшая огромную роль в истории XX века.

Развивая эти идеи, академики **Д.С. Львов и С.Ю. Глазьев** разработали теорию глобальных технологических укладов (ГТУ), дающую новый взгляд на макроэкономику и долгосрочное прогнозирование технологического развития.

При переходе между укладами ключевую роль играют некоторые изобретатели, меняющие облик экономики, а с ней и мира в целом, а также научные достижения, сделавшие эти нововведения возможными. При переходе от первого ко второму укладу — это паровой двигатель и термодинамика, от второго к третьему – электродвигатель и электродинамика, от третьего к четвёртому – атомная энергия и ядерная физика, от четвёртого к пятому – компьютеры и квантовая механика.

Происходящая в настоящее время смена общественно-экономических формаций кардинально меняет и структуру перспективного технологического уклада. Его основу составят фундаментальные исследования, а ядро – технологические секторы, представляющие собой совокупность технологий, ориентированных на приоритеты социально-экономического развития России и базирующихся на результатах фундаментальных исследований (рис. 7).

Заметим, что и ключевое изобретение, и основополагающая научная теория для данного технологического уклада создаётся в ходе развития предыдущего, иногда за 50 лет до того, как они меняют мир.

Ещё Н.Д. Кондратьев считал, что именно переходы между укладами являются причинами финансово-экономических кризисов, войн и революций. Это и есть одна из тех неравномерностей в развитии мировой системы, о которых писали классики марксизма. В самом деле, переход к следующему укладу – это пересдача карт Истории – возможность создать и захватить новые рынки, разработать новые типы оружия, изменить облик войны и конкуренции. И, конечно, геополитические субъекты не упускают шанс поучаствовать в этой «гонке нововведений».

Где же находится мир сейчас? В кризисе, на пути в новый технологический уклад. Локомотивными отраслями последнего, вокруг которых будет строиться вся остальная промышленность, могут стать биотехнологии, нанотехнологии, новое природопользование, новая медицина, робототехника, высокие гуманитарные технологии (позволяющие наиболее эффективно развивать потенциал отдельных людей и коллективов), полномасштабные технологии виртуальной реальности.

**Перспективный технологический уклад**

<b>Фундаментальные научные исследования</b>		
Приоритеты социально-экономического развития	Ядро технологического уклада	
	Технологический сектор	Базовые технологии
Безопасность Жильё и ЖКХ Здравоохранение Образование Продовольствие Транспорт Энергетика Экология Управление	<b>ТС-1</b>	Биотехнологии Лазерные технологии Нанотехнологии Ядерные технологии
	<b>ТС-2</b>	ИКТ Космические технологии Социальные технологии Технологии природопользования Энергетика
	<b>ТС-3</b>	NBIC – технологии

23.08.2013

рис. 7. Мировой финансово-экономический кризис 2008-2009 годов и его последующие волны с системной точки зрения связаны с тем, что отрасли пятого технологического уклада уже не дают прежней отдачи, а отрасли шестого ещё не готовы к вложению гигантских средств, имеющихся в мире.

Технологические прогнозы выполняют роль ориентиров, точек сборки, усилий многих и организаций. На их основе предприниматели судят о запросах государства, чиновники — о приоритетах развития, военные и инженеры — о будущих возможностях, университеты — о потребностях специалистов. Пример одного из обобщённых прогнозов, составленного несколько лет назад, представлен на рис. 8 [9]. Разумеется, это не значит, что перечисленные достижения будут получены именно в эти сроки, однако в будущее легче двигаться, имея подобный компас, чем без него. К сожалению, сейчас в России подобная работа всерьёз ведётся только отдельными энтузиастами.

2010-2020-е	Около 2012-го	Гибридная электростанция на основе топливных элементов и газовых турбин с КПД свыше 60%
	Около 2015-го	Коммерческие высокотемпературные сверхпроводящие кабели. Телемедицина
	Около 2018-го	Практические методики квантового шифрования
	Ближе к 2020-му	Автомобили без управления человеком
2020-2030-е	2020-2025-е	Квантовые компьютеры Лечение онкологических заболеваний
	2022-й плюс-минус 5 лет	Выращивание и замена искусственных человеческих органов
	Около 2025-го	Эффективные технологии опреснения воды
	2025-2027-е	Массовая коммерческая эксплуатация поездов на магнитной подушке
2030-2040-е	Ближе к 2030-му	Гиперзвуковой самолёт
	2030-й	Достижения положительной энергии на термоядерных установках
	2030-е	Водородные технологии
	Около 2032-го	Лунная колония

	Около 2037-го	Полёт на Марс
	Ближе к 2040-му	Средняя продолжительность жизни больше 120 лет

Рис. 8. Технологический прогноз на первую половину XXI века.

Кроме того, развитие науки и технологий не только прогнозируют в странах-лидерах, его планируют и направляют. Яркий пример – Национальная нано-технологическая инициатива, обоснованная более чем 150 экспертами и доложенная Конгрессу США нобелевским лауреатом Ричардом Смолли (одним из авторов открытия фуллерена  $C_{60}$ ).

Эта инициатива была выдвинута президентом Б. Клинтон и одобрена конгрессом в 2000 г [10]. К сожалению, уровень проработки, организация и полученные результаты реализации аналогичной инициативы в России разительным образом отличаются от полученных в США и ряде других стран [11].

Будучи реалистами, мы можем предположить возможность прорывов именно в тех областях мирового технологического пространства, где наиболее велики заделы и очень быстро происходят изменения. Таких сфер три.

В 1960-е годы один из основателей фирмы Intel Гордон Мур обратил внимание на следующую закономерность в развитии вычислительной техники: каждые два года степень интеграции элементов на кристалле удваивается, а с ней растёт и быстродействие компьютеров. Эта закономерность, получившая название «закона Мура», действует уже более полувека (рис. 9). Нынешние компьютеры считают в 250 миллиардов раз быстрее, чем первые вычислительные машины. Ни одна технология до этого не развивалась в таком темпе.

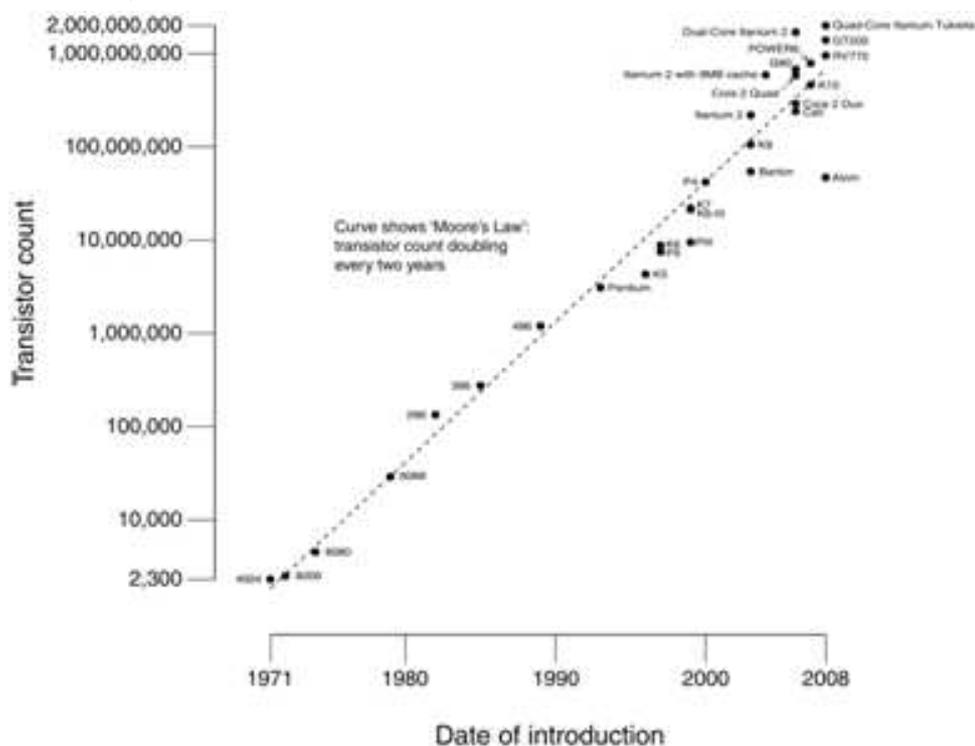


Рис. 9. Закон Мура.

В технологическом развитии известен эффект, иногда называемый *успехом по касательной*. Его обычно иллюстрируют примером из истории железных дорог США. Во время железнодорожного бума в этой стране наибольшие выгоды и дивиденды достались не тем, кто производил паровозы, и не тем, кто строил железные дороги, а... фермерам, получившим возможность подвозить зерно из американской глубинки в крупные города. По-видимому, и в современной компьютерной индустрии в обозримом будущем нас ждёт «успех по касательной» и неожиданные приложения, которые могут наполнить нынешнее инновационное движение в этой сфере новым смыслом.

Другая область, в которой происходит технологический прорыв, связана с расшифровкой генома человека. Основной массив фундаментальных знаний, который привёл к взрывному технологическому росту, был получен в ходе выполнения программы «Геном человека» (на которую в США было затрачено 3,8 млрд долларов).

В ходе выполнения этой программы стоимость расшифровки генома уменьшилась в 20 000 раз [12] (рис. 10).

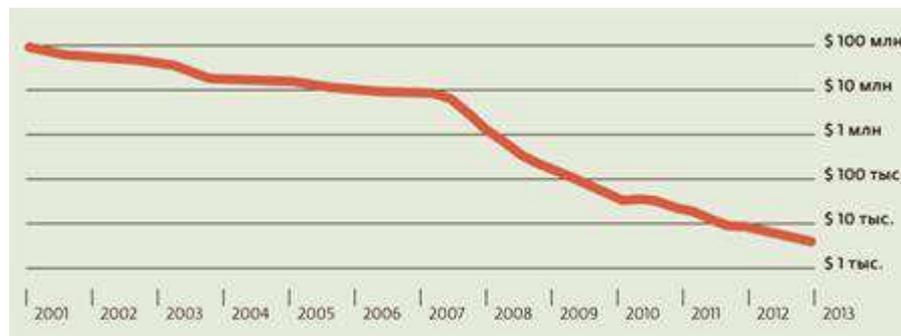


Рис. 10. Стоимость расшифровки генома человека по годам.

Создание отрасли индустрии, выросшей около этого научного и технологического достижения, уже очень существенно повлияло на систему здравоохранения, фармацевтику, сельское хозяйство, оборонный комплекс. В США ежегодно подвергаются аресту 14 миллионов человек, у них берутся пробы ДНК, которые затем вносятся в базу данных. К этой базе потом криминалисты обращаются при поиске преступников...

Достижения, связанные с проектом «Геном человека», стали фактором геоэкономики и геополитики. В феврале 2013 года Барак Обама в обращении к согражданам заявил: «Настало время выйти на новый уровень исследований и разработок, невиданный с момента космической гонки... Сейчас не время потрошить инвестиции в науку и инновации... Каждый доллар, который мы вложили в создание карты человеческого генома, вернул 140 долларов в нашу экономику – каждый доллар!»

Ещё одно поле перспективных технологий и прикладных исследований можно охарактеризовать словами *междисциплинарность* и *самоорганизация*. Именно эти два понятия отличают перспективный технологический уклад от предыдущих. До 1970-х годов и наука, и технологии, и организации двигались в основном в сторону все большей специализации (дисциплинарная организация науки, отраслевое управление промышленностью и т.д.).

Однако затем ситуация стала стремительно меняться – одни и те же принципы и технологии оказались универсальными, применимыми для решения огромного количества разных задач. Классический пример – лазер, с помощью которого можно резать сталь и сваривать роговицу глаза. Другой пример технологии, сфера применения которой стремительно растёт, – методы аддитивного производства (трёхмерная печать, 3D принтеры). С её помощью сейчас «печатают» пистолеты вместе с патронами, дома, форсажные камеры и даже протезы конечностей [13].

С другой стороны, во многих случаях решения научных и технологических проблем изначально ищутся на стыке нескольких подходов. Так, во всём мире реализуются нанотехнологические инициативы, которые направлены на развитие всего блока наноинфобиокогнитивных (NBIC – NanoBioInfoCognito) технологий. Однако последнее десятилетие показало, что и этого недостаточно, что к этому синтезу надо добавить и социальные технологии (SCBIN – SocioCognitoInfoBioNano). Простейшие примеры – роботизированные биотехнологические лаборатории, в которых анализы и исследования делают роботы (лаборатория работает под лозунгом «Люди должны думать. Машины должны работать»). В телемедицине появилась возможность использовать роботов для хирургических операций и проводить их в ситуации, когда врач находится в тысячах километров от больного.

Философия техники активно развивалась в XX веке [14], однако бурное, во многом парадоксальное развитие технологий во второй половине XX и в XXI веке позволяет говорить об *экологии технологий*. Последние развиваются, взаимодействуют, поддерживают и вытесняют друг друга, порой «закрывают» прежние способы производства или организации. Наряду с классической дарвиновской эволюцией, в основе которой лежит триада *наследственность – изменчивость – отбор*, здесь в игру вступают цели развития, социальная и экономическая целесообразность, управление рисками, фундаментальные физические ограничения и пределы способностей самого человека [15].

В XIX веке господствовала иллюзия огромных возможностей организации, как в социальном пространстве, так и в области технологий. Но данные психологии говорят о том, что человек в состоянии следить только за 5-7 величинами, медленно меняющимися во времени. Он может, принимая решение, учитывать только 5-7 факторов. Наконец, активно, творчески он может взаимодействовать лишь с 5-7 людьми (с остальными опосредованно или стереотипно). И это накладывает очень серьёзные ограничения на организации, которые мы можем создавать, и на задачи, которые с их помощью могут решаться.

Главная идея нанотехнологий – как её сформулировал нобелевский лауреат Ричард Фейнман в 1959 году – состоит в том, чтобы делать совершенные материалы, не имеющие дефектов на атомном уровне, что придаёт им удивительные свойства. (Например, углеродные нанотрубки в 6 раз легче и в 100 раз прочнее стали; аэрогели – прекрасные теплоизоляторы – в 500 раз легче воды и всего вдвое

тяжелее воздуха.) Сейчас учёные научились манипулировать отдельными атомами (например, можно выложить поздравление атомами ксенона на монокристалле никеля и увидеть его).

Но если речь идёт о создании материалов, то число атомов, которые должны стоять на своих местах, должно быть сравнимо с числом Авогадро  $N_A \approx 6 \cdot 10^{23}$ . И организовывая их, размещая их «сверху вниз», от макроуровня к микроуровню, сделать это невозможно. (Потребуется больше времени, чем существует вселенная.)

Как же быть? Ответ и главная надежда в обоих случаях одна. Это *самоорганизация*. Нам нужно научиться двигаться не «сверху вниз», а «снизу вверх», – создавать такие условия, при которых атомы сами займут те положения, в которых мы хотим их видеть. И в некоторых случаях это удаётся сделать!

Однако чтобы следовать эти идеям, надо очень хорошо представлять механизмы самоорганизации и соответствующие модели (чтобы получать именно то, что хотим). Именно поэтому *теория самоорганизации, или синергетика* (от греческого – «совместное действие»), всё чаще рассматривается как ключ к новым технологиям [16].

В том, что касается фундаментальных исследований, степень неопределённости гораздо выше, чем в пространстве технологий. Однако и здесь можно выделить ряд векторов, определяющих наиболее вероятные области научных прорывов.

Чтобы заглянуть в будущее, представить, чем будут заниматься учёные в ближайшие 20-30 лет, в какие направления будут вкладываться главные усилия, можно посмотреть среднюю цитируемость работ в различных областях знания в настоящее время. Цитируемость статей показывает, насколько большими и активными являются сообщества, работающие в различных научных дисциплинах.

Со школьных времён у большинства остаётся представление, что математика – самый большой и сложный предмет, физика и химия примерно в два раза меньше и проще, а биология в два раза меньше и проще физики и химии.

Однако «взрослая наука» выглядит сегодня совершенно иначе (рис. 11) [17]. Возьмём «наследниц» школьной биологии – *молекулярную биологию и генетику* (цитируемость 20,48), *биологию и биохимию* (16,09), *микробиологию* (14,11), *фармацевтику с токсикологией* (11,34) – они в 12 раз превосходят физику (8,45), в 8 раз химию (10,16) и в 27 – математику (3,15) или информатику (3,32).

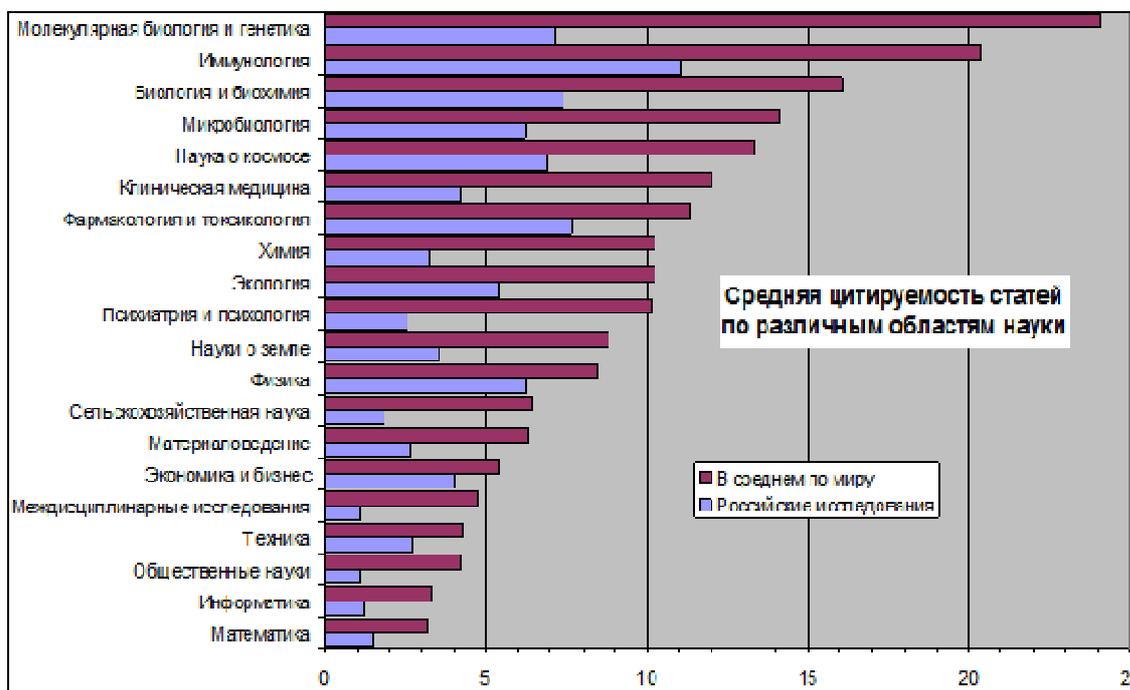


Рис. 11. Научные приоритеты в естественных науках в России и в мире.

Интересно сравнение приоритетов отечественной и мировой науки (Россия / мир). Вероятно, XXI век будет веком человека. Развитие возможностей и способностей людей и коллективов станет магистральным направлением прогресса. С ним будут связаны и главные возможности, и основные угрозы, поэтому весьма показателен перечень «аутсайдеров» научного пространства России, в которых отрыв от мирового уровня по показателю цитируемости статей особенно велик. Это общественные науки (1,02 / 4,23), а также психология и психиатрия (2,54 / 10,23). Здесь мы отстали от мировых показателей вчетверо. И завершают список междисциплинарные исследования, где отставание становится пятикратным.

Многие специалисты, прогнозирующие будущее науки, обращают внимание на крутой поворот, который происходит в развитии научного знания на наших глазах [18]. Можно предположить, что организация цели и идеалы науки XXI века будут очень сильно отличаться и от классических, и от современных (неклассических образцов).

Книга Джонатана Свифта (1667-1745) – писателя, общественного деятеля, мыслителя, работавшего в жанре фантастической сатиры, современника Исаака Ньютона, – «Путешествия в некоторые отдалённые страны света Лемюэля Гулливера, сначала хирурга, а потом капитана нескольких кораблей», – определила два главных направления развития естественных наук. Во-первых, это «путешествие к лилипутам», в мир микромасштабов. На этом пути появились молекулярная и атомная физика, квантовая механика, ядерная физика, теория элементарных частиц. Во-вторых, это «путешествие к великанам», в мир мегамасштабов, в космос, к далёким галактикам, к астрофизике и космологии.

Заметим, что здесь противоположности сходятся – сегодня исследования вещества на сверхмалых и сверхбольших масштабах смыкаются друг с другом.

Действительно, вынесенные в космическое пространство телескопы «Хаббл» и «Кеплер» позволили открыть сотни различных планет, вращающихся вокруг звёзд, находящихся на огромных расстояниях от нас. Эти инструменты показали, что для объяснения наблюдаемой картины эволюции вселенной необходимо вводить представление о *тёмной материи* и *тёмной энергии*, на долю которых приходится от 80 до 95% вещества космоса.

Вернёмся к аналогии с Гулливером. Насколько важны для него оказались знания, полученные у лилипутов и великанов? У человечества есть свои характерные размеры, на которых разворачиваются наиболее важные для него процессы. Сверху они ограничены диаметром Солнечной системы, снизу – ядерными масштабами ( $\sim 10^{-15}$  см).

Путь, начавшийся с Демокрита, ведущий вглубь, к анализу всё более мелких составляющих материи, по-видимому, завершается. «Анализ» в переводе с греческого – «дробление, расчленение». И, приступая к нему, исследователи обычно держат в сознании следующую стадию – синтез, выяснение механизмов и результатов взаимодействия между изученными сущностями и, в конечном счете, самоорганизацию, коллективные явления – самопроизвольное возникновение упорядоченности на следующем уровне организации.

Видимо, здесь область нашего незнания особенно близка, а перспективы наиболее впечатляющи.

Двадцать лет назад были, без претензий на полноту, сформулированы три *сверхзадачи науки XXI века*, которые будут, вероятно, порождать исследовательские программы и представлять, используя терминологию А. Эйнштейна, сочетание «внутреннего совершенства» (следование внутренней логике развития научного знания) и «внешнего оправдания» (социального заказа, ожиданий общества) [19]. Обратим внимание на них.

*Теория управления рисками.* Важнейшим условием успешного управления является карта угроз для объекта управления. Роль науки здесь огромна. Новейшая история, множество событий XXI века показали, что при высоком темпе социально-экономических и технологических перемен управляющие воздействия приводили к совершенно иным результатам, чем планировалось.

*Нейронаука.* Одна из главных научных загадок, ответ на которую, вероятно, будет дан в XXI веке, – это понимание тайны сознания и принципов функционирования мозга. В самом деле мозг является загадкой в технологическом смысле – скорость переключения триггера в микросхеме в миллион раз меньше, чем скорость срабатывания нейрона в мозге. Информация в нервной системе передается в миллион раз медленнее, чем в компьютере. Это означает, что принципы работы мозга кардинально отличаются от тех, на основе которых построены существующие вычислительные машины [20].

Чтобы прояснить эти и многие другие вопросы, связанные с нейронаукой, в 2013 году в США был начат большой исследовательский проект «Картирование мозга», рассчитанный на 10 лет с бюджетом более 3 миллиардов долларов. Цель проекта, – используя нанотехнологии, томографы нового поколения, компьютерные реконструкции и модели, – выяснить структуру мозга и динамику протекающих в нём процессов. Аналогичный проект начинается в Европейском сообществе.

Третья задача – построение *математической истории*, включая модели мировой динамики. Эта исследовательская программа была выдвинута С.П. Капицей, С.П. Курдюмовым и Г.Г. Малинецким в 1996 году. Ее реализация подразумевает следующее:

- полномасштабное математическое моделирование исторических процессов с учётом появившихся компьютерных технологий и больших баз данных, касающихся настоящего и прошлого человечества;
- анализ на этой основе альтернатив исторического развития, подобно тому, как это делается в точных науках, где теории и модели позволяют спрогнозировать ход процессов при различных параметрах, начальных и краевых условиях (при этом у истории появляется *сослагательное наклонение*);

· построение на основе этих моделей алгоритмов исторического и стратегического прогноза (при этом у истории появляется и *повелительное наклонение*).

Большинство научных дисциплин прошли последовательность этапов: описание – классификация – концептуальное моделирование и качественный анализ – математическое моделирование и количественный анализ – прогноз. Вероятно, в XXI веке историческая наука (опираясь на свои достижения, результаты других дисциплин и компьютерного моделирования) выйдет на уровень прогноза.

Следуя идеям В.И. Вернадского, прозорливо предвидевшего возможности и угрозы XX века, человечеству с течением времени придётся всё в большей степени брать на себя ответственность за планету и за своё развитие. И здесь без математической истории не обойтись. Это понимание появляется у всё большего количества исследователей[21].

### **Русская, советская, российская наука**

*«Вот они, две первейшие надобности России: 1. Поправить, хоть довести бы сперва еще перед Д.А. Толстым, лет 25 сему назад, состояния просвещения русского юношества, а потом идти все вперед, помня, что без своей передовой, деятельной науки своего ничего не будет и что в ней, беззаветной, любовный корень трудолюбия, так как в науке-то без великих трудов сделать ровно ничего нельзя и 2. Содействовать всякими способами, начиная от займов, быстрому росту всей нашей промышленности до торгово-мореходной включительно, потому что промышленность не только накормит, но и даст разжиться трудолюбцам всех разрядов и классов, а лодырей принизит до того, что самим им будет гадко лодырничать, приучит к порядку во всем, даст богатство народу и новые силы государству».*

Д.И. Менделеев, «Заветные мысли». 1905 г.

Об отношении к науке в нашей стране можно судить по тому, как менялось отношение к академии. Это организация, первоначально называвшаяся Академией наук и художеств, была основана 28 января (8 февраля) 1724 года в Петербурге указом Петра I. Именно 8 февраля сейчас и празднуют День науки в России. Пётр считал, что необходимо срочно освоить ряд технологий и наук, получивших развитие в Западной Европе, – строить корабли, ставить крепости, лить пушки, а также научиться навигацкому делу и ведению бухгалтерии, а затем развивать своё.

В первые годы деятельности академии, также созданной по западноевропейским образцам, в ней работали великий математик Леонард Эйлер и выдающийся механик Даниил Бернулли. В 1742 году в Академию наук (АН) был избран великий русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов. С его приходом обозначились важные черты этого научного центра – широкий фронт исследований и живой отклик учёных на потребности государства.

С 1803 года высшее научное учреждение России становится Императорской академией наук, с 1836-го – Императорской Санкт-Петербургской АН, с февраля 1917-го по 1925-й – Российской АН, с июля 1925-го – АН СССР, с 1991 года по настоящее время – РАН.

В XIX веке в Академии были организованы Пулковская обсерватория (1839 год), несколько лабораторий и музеев, в 1841 году были учреждены отделения физико-математических наук, русского языка и словесности, историко-филологических наук. В составе академии работали выдающиеся математики, физики, химики, физиологи; среди них П.Л. Чебышов, М.В. Остроградский, Б.В. Петров, А.М. Бутлеров, Н.Н. Бекетов и И.П. Павлов.

К концу XIX – началу XX века работы российских учёных получают мировое признание. Самым известным химиком в мире сейчас является Дмитрий Иванович Менделеев, открывший Периодический закон. Нобелевскими лауреатами были создатели теории условных рефлексов И.П. Павлов (медицина, 1904 год) и почётные члены Петербургской академии И.И. Мечников (теория иммунитета, медицина, 1908 год) и И.А. Бунин (литература, 1933 год).

Наука СССР была одной из самых передовых в мире, прежде всего в сфере естественнонаучных дисциплин. Это позволило вывести нашу страну в течение XX века с позиций второстепенного полуфеодального государства в ряд ведущих промышленных держав, создать вторую (по объёму ВВП) экономику мира. Многие в советские годы пришлось начинать с нуля. В стране, где около 80% населения было неграмотным, просто не было кадров для развития полноценной науки.

В 1934 году академия переводится из Ленинграда в Москву и становится «штабом советской науки». Члены академии координируют целые отрасли исследований, получают большие полномочия и ресурсы. На них возлагается большая ответственность. История показала дальновидность этого решения, связанного с новым обликом академии. Работы советских ученых сыграли огромную роль в Великой Отечественной войне.

На финансирование науки выделялись значительные средства. В 1947 году зарплата профессора в 7 раз превышала зарплату самого квалифицированного рабочего. В 1987 году журнал Nature сообщал,

что на НИОКР СССР тратил 3,73% от своего бюджета, Германия – 2,84%, Япония – 2,77%, Британия – 2,18-2,38% (по разным источникам).

Большую роль в развитии науки в СССР сыграло резкое увеличение её финансирования в начале 1960-х годов. Численность научных работников с 1950 по 1965 год увеличилась более чем в 4 раза, а с 1950 по 1970 год более чем в 7 раз. С середины 1950-х годов рост численности научных кадров был линейным – страна выходила на передовые рубежи. С 1960 по 1965 год численность научных сотрудников была увеличена втрое. Рост национального дохода также был очень быстрым и, по оценкам западных экспертов, шёл в основном за счёт увеличения производительности труда. Именно тогда страна и создавала экономику знаний!

Имея бюджет на науку 15-20% от американского, советские учёные успешно соревновались с ними на всех научных направлениях. В 1953 году СССР занимал второе место в мире по числу студентов на 10 тысяч жителей и третье место по интеллектуальному потенциалу молодёжи. Сейчас по первому показателю РФ обогнали многие страны Европы и Латинской Америки, по второму – мы находимся на 40-м месте в мире.

Число публикаций в научных журналах не является очень хорошим индикатором эффективности науки (например, потому что на разных языках говорит различное число людей). Однако в 1980-х годах лидирующая группа по числу публикаций выглядела так: США, СССР, Великобритания, Япония, ФРГ, Канада. Англичане и немцы смогли вырваться вперёд лишь в период реформ, дезорганизовавших науку в СССР.

Но ещё более важны не количественные, а качественные показатели. Наука СССР выполнила свою геополитическую задачу. Она позволила создать сильную армию, экономику, ракетно-ядерный щит, существенно улучшить жизнь общества и расширить коридор возможностей государства. Первый спутник, первый человек в космосе, первый атомный ледокол и первая атомная электростанция, лидерство во многих других научных и технических проектах и многое другое. Нам есть чем гордиться.

11 членов АН СССР (1925-1991) стали лауреатами Нобелевской премии – Н.Н. Семёнов (химия, 1956), И.Е. Тамм (физика, 1958), И.М. Франк (физика, 1958), П.А. Черенков (физика, 1958), Л.Д. Ландау (физика, 1962), М.Г. Басов (физика, 1964), А.М. Прохоров (физика, 1964), М.А. Шолохов (литература, 1965), Л.В. Канторович (экономика, 1975), А.Д. Сахаров (мира, 1975), П.Л. Капица (физика, 1975).

Отношение к науке в СССР отлично характеризует слова советской песни: «Здравствуй, страна героев, страна мечтателей, страна учёных!»

Среди главных причин взлёта и больших успехов советской науки исследователи обычно выделяют следующие:

- высокий престиж науки в обществе;
- высокий общий уровень образования и науки;
- сравнительно хорошее материальное обеспечение;
- открытость науки – в больших научных коллективах происходил свободный обмен мнениями по выполняемым работам, что позволяло избегать ошибок и субъективизма.

Среди главных проблем советской науки можно выделить следующие:

- воспроизводство инноваций в звене «прикладные исследования – разработка технологий и вывод на рынок». Одни технологии внедрялись в производство «со скрипом», до других «не доходили руки»;
- отсутствие жёсткой обратной связи между оценкой труда учёного в ряде областей и полученными результатами (наибольшие успехи имели место там, где ответственность за порученное дело была высока);
- отставание научного приборостроения, производства первоклассных реактивов и многого другого, необходимого для обеспечения полноценной научной работы;
- главной проблемой стало изменение отношения к науке и её финансированию в 1970-х годах. Шкала оплаты научных работников не пересматривалась в СССР с конца 1940-х годов. Зарплата доктора наук в 1970-1980-е гг. не превосходила зарплату шофёра на стройке или водителя автобуса.

Тем не менее к началу реформ 1990-х годов отечественная наука занимала одну из лидирующих позиций в мире.

Прошедшие 20 с лишним лет реформ позволяют подвести итоги в том, что касается науки. Анализ показывает, что мы имеем дело не с отдельными некавалифицированными чиновниками или неудачными решениями, а со стройной целостной стратегией. Эта **стратегия выстраивалась, озвучивалась и отстаивалась на разных площадках в Высшей школе экономики (ВШЭ), Институте современного развития (ИНСОР) и Академии народного хозяйства (ныне РАНХиГС)**

**при Президенте РФ). Именно она и принималась к исполнению ведомствами, курирующими науку в РФ. Её цель – разгром отечественной науки, лишение её системной целостности, влияния на принимаемые государственные решения и систему образования,** низведение её до уровня, на котором исследования и разработки, сделанные в России, могут быть использованы «на подхвате» ведущими странами мира и транснациональными корпорациями.

Следует признать, что эти цели оказались достигнуты:

*цикл воспроизводства инноваций полностью разрушен;*

*наша страна – научная сверхдержава в недалеком прошлом – имеет сейчас «науку второго десятка»;*

*наука направлена по колониальному пути, развитие научной деятельности в значительной степени блокировано.*

О последовательности и преемственности политики говорят и принимаемые в последнее время стратегические документы, среди которых выделяется Стратегия инновационного развития России на период до 2020 г., подготовленная чиновниками из Минэкономразвития совместно с сотрудниками ВШЭ[22]. В этом, казалось бы, важнейшем документе, призванном обеспечить вхождение страны в число мировых технологических держав, академический сектор науки в принципе не рассматривается как институт развития[23]. Юридическим оформлением принесения в жертву университетам академии с трёхсотлетней историей и стал известный законопроект МГЛ.

Формально проект МГЛ предусматривал создание Агентства научных институтов, в ведение которого переходят около 700 институтов РАН, Российской академии медицинских наук (РАМН) и Российской академии сельскохозяйственных наук (РАСХН), а также всё имущество, которое находится в их оперативном управлении. Сами эти академии сливаются и превращаются в своеобразный клуб учёных. В первоначальном проекте МГЛ не предусматривалось, что этот клуб может заниматься научными исследованиями, руководством институтами создаваемого агентства или образовательной деятельностью (на «клуб» возлагались экспертные функции и ответы на запросы правительства). Иными словами, по замыслу авторов проекта, академики должны быть отделены от существующих ныне академических институтов.

Таким образом, **речь идёт о разрушении РАН и сломе организации всех фундаментальных исследований в стране. Академическая структура отвергается, и фундаментальную науку предполагается перенести в национальные исследовательские университеты** путём вливания в них дополнительных средств и приглашения зарубежных учёных и менеджеров, которые сумеют ими эффективно распорядиться.

Аргументы реформаторов о необходимости проекта МГЛ для повышения «публикационной активности» (по данным SCImago Institution, РАН занимает третье место в мире по такой активности после Национального центра научных исследований Франции и Китайской академии наук[24]), для «более эффективного использования собственности» (которая и так остаётся государственной) не выдерживают никакой критики.

Проект МГЛ не способствует сохранению и укреплению суверенитета страны. Он не работает на Россию. Законопроект должен быть отозван. Голос научного сообщества, всех, кто понимает значение науки в России и связывает с ней своё будущее, должен быть услышан.

Вероятно, для многих читателей это очевидно. Поэтому сейчас важно обсуждать не схему и причины демонтажа российской науки, а пути и формы наиболее эффективного использования результатов фундаментальных исследований, ведущихся в стране, и имеющегося сейчас в России научного и технологического потенциала.

Обратимся к количественным данным и международным сравнениям. В августе 1996 года был утверждён Закон о науке и государственной научно-технической политике, согласно которому расходы на науку гражданского назначения должны были составлять не менее 4% от расходной части бюджета. Этот закон ни разу не был выполнен.

Доля внутренних затрат на гражданские исследования и разработки по отношению к валовому внутреннему продукту в России составляет 0,8% (рис. 12).

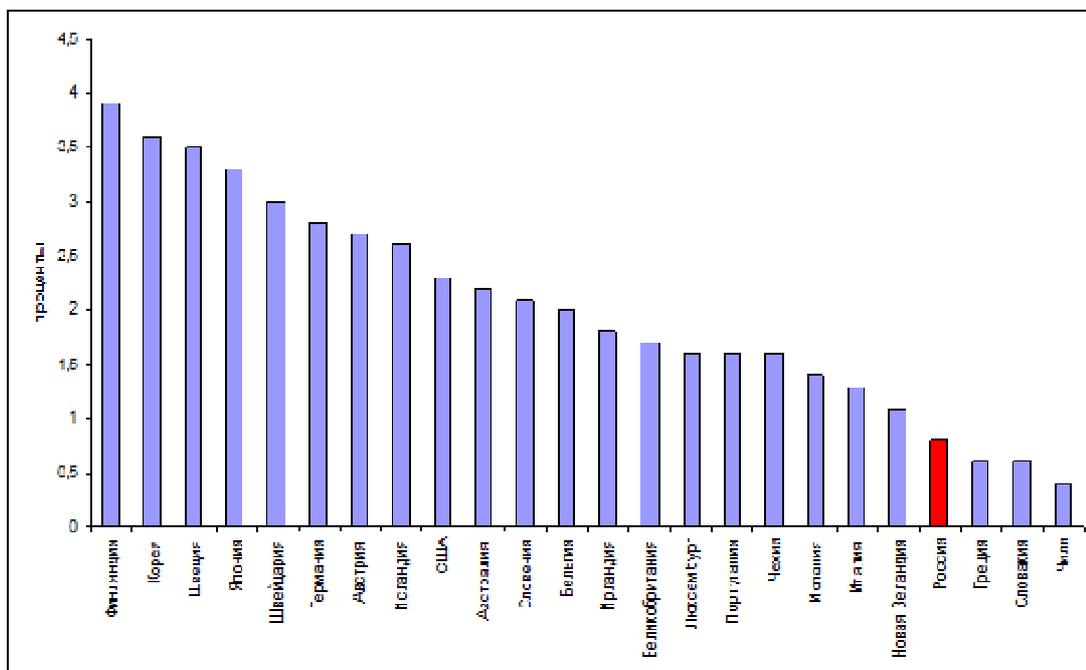


Рис. 12. Внутренние затраты на гражданские исследования и разработки по отношению к ВВП. (Источник: Наука, технологии и инновации России. Краткий статистический сборник. 2012. М.: ИПРАН РАН, 2012. – 88 с.)

По этому показателю наша страна находится в третьем десятке среди государств мира. По внутренним затратам в расчёте на одного исследователя (75,4 тыс. долларов) Россия тоже очень сильно отстаёт от лидеров. Например, в США этот показатель составляет 267,3 тысячи долларов (рис. 13) [25].

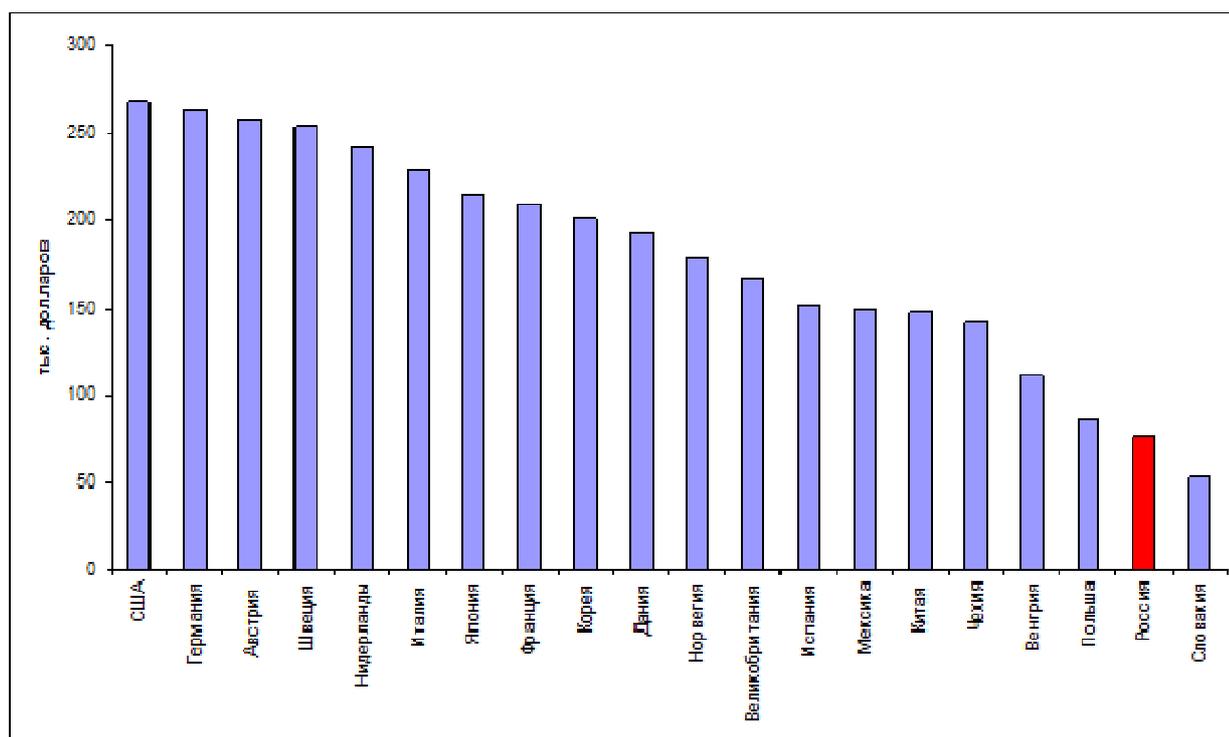


Рис.13. Внутренние затраты на исследования и разработки в расчёте на одного исследователя. (Источник: там же.)

По данным совместного исследования ВШЭ и Центра международного высшего образования, из 28 исследованных стран мира на всех континентах только в России у профессора и учёного высшего ранга зарплата оказалась значительно меньше, чем ВВП на душу населения (рис. 14).

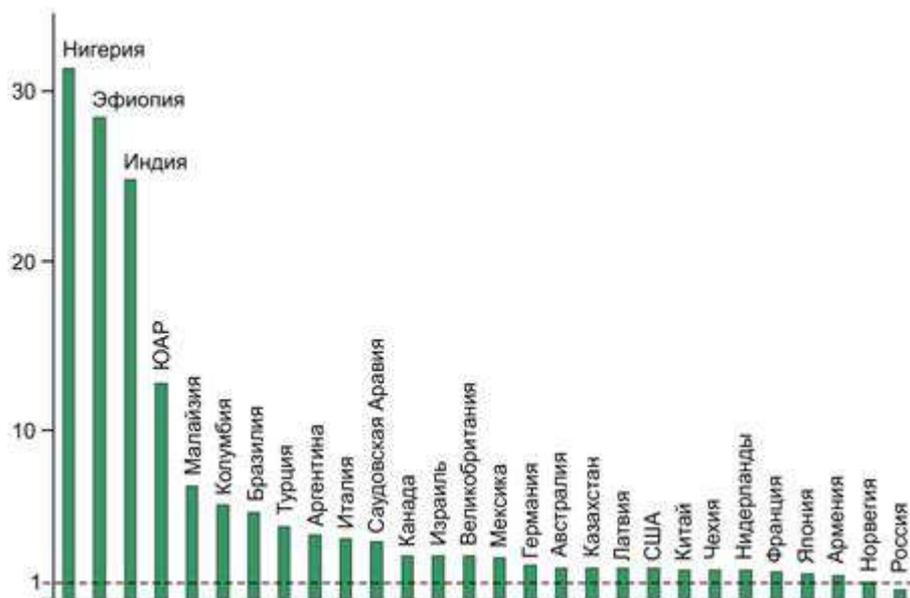


Рис. 14. Годовая зарплата университетских профессоров и учёных высшей категории (для России – в.н.с., д.н.) относительно ВВП на душу населения по паритету покупательной способности в разных странах, без учета грантов. (Источник: Михаил Зеленский. Где мы? (как обстоят дела с наукой в России). ТрВ №. 108, с. 2-3, «Бытие науки».)

Затраты на всю РАН сейчас сопоставимы с финансированием *одного* американского университета средней руки. Иными словами, в рамках проводимой научной стратегии в России наука трактуется как нечто второстепенное и финансируется по остаточному принципу. Естественно, это пагубным образом сказывается на высокотехнологичном секторе экономики России. Сейчас мировой рынок наукоёмкой продукции составляет 2,3 трлн долларов. По прогнозам, через 15 лет спрос на технику и оборудование высоких технологий составит 3,5-4 трлн долларов. В результате развала значительной части обрабатывающей промышленности доля России в производстве наукоёмкой продукции в последние 20 лет постоянно снижалась и сейчас составляет 0,3% от мирового показателя. В 1990 году было 68% предприятий, внедряющих научно-технические разработки, в 1994 году в РФ их количество снизилось до 20%, а в 1998 году – до 3,7%, тогда как в США, Японии, Германии и Франции этот уровень составляет от 70 до 82% [26].

Нобелевский лауреат академик Ж.И. Алфёров [27] видит главную причину переживаемого кризиса российской науки в не востребоваемости её результатов. Однако эта проблема преходящая – наука, посаженная на голодный паёк и не имеющая полноценно подготовленных молодых кадров, со временем утратит способность получать научные результаты, которые следовало бы внедрять.

В случае научной деятельности «священной коровой» Минобрнауки является цитируемость российских статей, которая оценивается на основе зарубежных баз данных. Подобный анализ цитируемости подробно проводился и привёл к выводу, что нынешняя доля ссылок на российские статьи довольно точно соответствует ВВП России в валовом глобальном продукте [28].

С другой стороны, на изменение цитируемости отечественных работ можно посмотреть как на результат и отражение политики, проводимой Минобрнауки. Относительные показатели – число научных статей на душу населения (Articles Per Capita – APC) и годовое изменение этого числа на душу на население  $\Delta APC$  показывают место страны в мировом научном пространстве. Такой анализ был проведен исследователями... (рис. 15) при помощи сайта SJR, использующего базу данных Scopus.

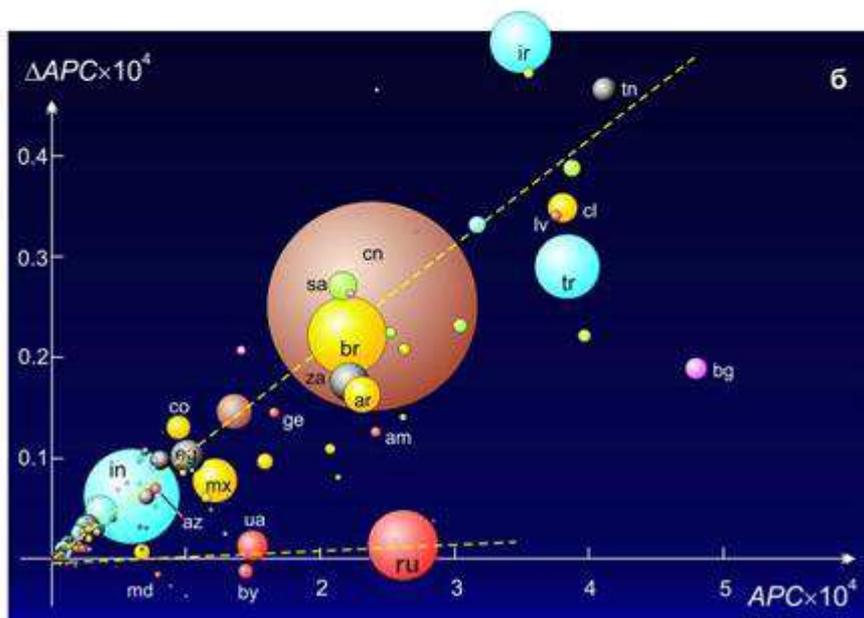
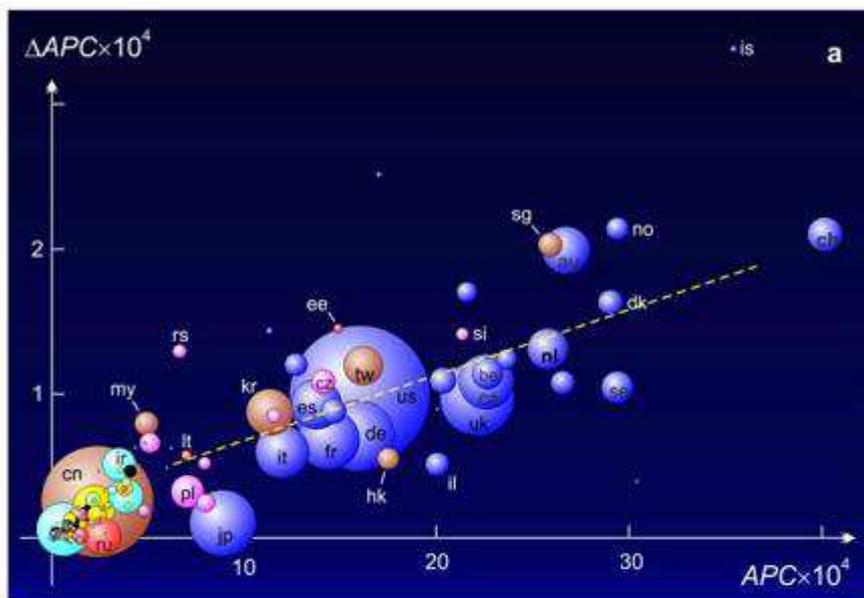


Рис. 15. Звёздное небо науки. По горизонтальной оси – относительное количество статей на душу населения APC (Articles Per Capita) в 2010 г. По вертикальной оси – годовой прирост относительного количества статей  $\Delta APC$ , в среднем за 2006-2010 годы. Площадь кружка пропорциональна абсолютному количеству публикаций в данной стране в 2010 г. Масштаб осей на нижнем графике в 7 раз больше. Цветом обозначены: синий – страны Запада с развитой рыночной экономикой, жёлтый – Латинская Америка, лиловый – Восточная Европа, зелёный – арабские нефтедобывающие страны, красный – страны бывшего СССР, коричневый – ЮВА, темно-серый – Африка, светло-голубой – все остальные. Обозначения двухбуквенными национальными доменными именами. (Источник: там же.)

Прокомментируем этот рисунок. Для США  $APC \times 10^4 = 16$  (т.е. в 2010 году в этой стране на 10 тысяч человек приходилось 16 статей),  $\Delta APC \times 10^4 = 1$  (т.е. каждый последующий год число статей на 10 тыс. человек увеличивалось на единицу). Общее количество опубликованных статей в США за 5 лет увеличилось в полтора раза, или на 155 тысяч. Это очень много.

Из рисунка видно, что сегодня на два научных сверхгиганта – США и Китай – приходится одна треть всех мировых научных публикаций. США, Китай, Великобритания, Германия и Япония впятером пишут половину всего выходящего.

Относительный прирост публикаций на душу населения в России составляет лишь 0,013 статьи на 10 тысяч человек и устойчиво сохраняется на этом уровне в стране по крайней мере 15 лет.

Рисунок 16 показывает долю России в мировой научной продукции в сопоставлении с руководящими и прогнозными документами, регламентирующими сферу науки страны. Видно, что планы и реальность лежат в разных пространствах.

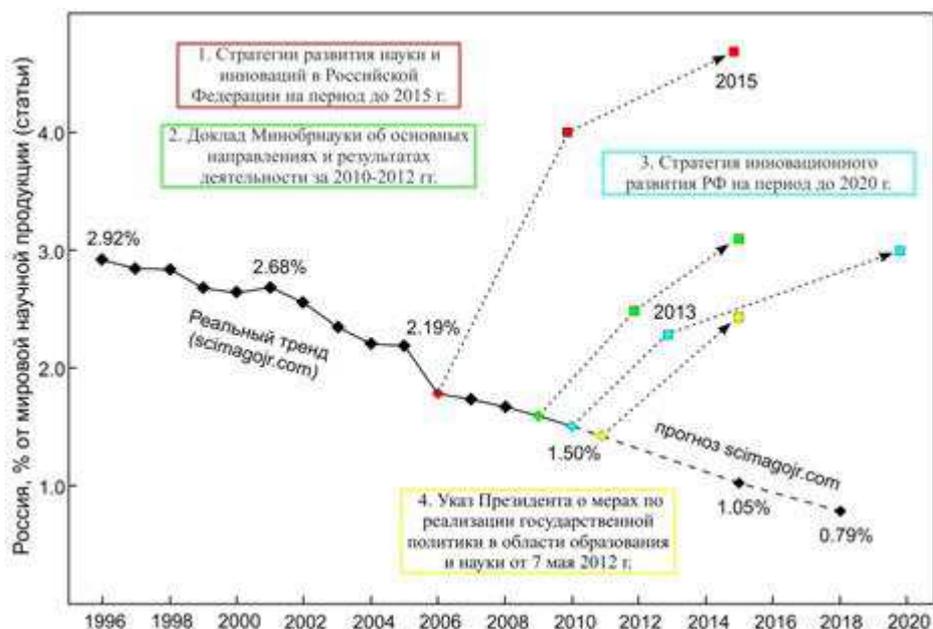


рис. 16. Мечты и реальность. (Источник: там же.)

При продолжении этой политики к 2018 году, судя по сделанному прогнозу, вклад РФ в мировую науку составит 0,79%, а если считать в качестве такого число цитирований, которые для отечественных статей вдвое меньше общемирового, то оно составит 0,4%.

Вернемся к финансированию (рис. 17).

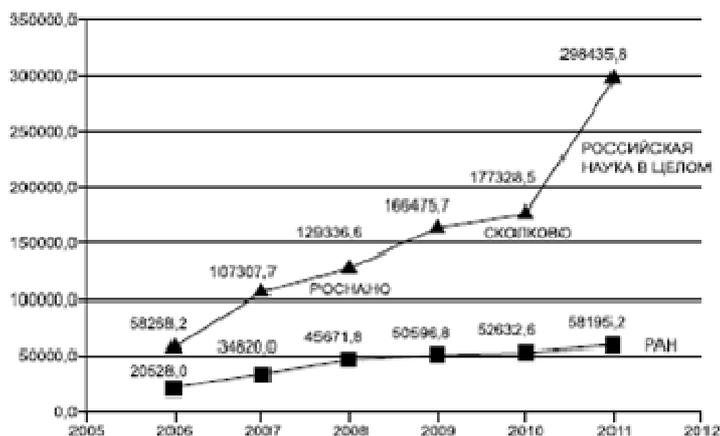


Рис. 17. Финансирование российской науки и РАН.

(Источник: Российская академия наук. Хроника протеста. Июнь-июль 2013. Составитель А.Н. Паршин. Издание второе, дополненное и исправленное. – М.: Журнал «Русский Репортёр», 2013. – 368 с.)

Как видим, существенная доля увеличения расходов на науку пошла мимо академии. К сожалению, даже к увеличению цитирования, не говоря уже о более серьезных вещах, увеличение финансирования не привело. Причина провала любимых детищ Минобрнауки – «Роснано» и «Сколково» проанализировал известный российский специалист в области вычислительной техники академик Владимир Бетелин. Приведем некоторые из его аргументов:

«В течение многих лет авторы реформ убеждали нас, что встраивание России в мировую глобальную экономику обеспечит ей неограниченный доступ к самым современным продуктам и технологиям. На этой основе реформировались и наука, и образование, и промышленность России. В итоге в ключевых для нашей обороноспособности областях – доминирование технологий отвёрточной сборки и зависимость от США. Вот, собственно, три кита, лежащих в основе той разрушительной политики, в результате которой Россия стала неконкурентоспособной: разрыв между гражданином и государством, ориентация на сиюминутную прибыль и отказ от собственных технологий...

В рамках правительственной стратегии был создан целый набор институтов развития: технопарки, фонды, «Роснано», «Сколково», но тем не менее приходится констатировать, что инновационная политика не достигла заявленных целей.

И понятно, почему: потому что создание конкурентоспособных продуктов связано с высокими рисками долгосрочного вложения больших объёмов денежных средств, на которые наши институты развития не рассчитаны» [29].

В этой ситуации уничтожить РАН более чем опрометчиво.

В нашей стране академия занимает особое место. Основная часть исследований выполняется в институтах РАН силами младших, старших и просто научных сотрудников. Армия бессильна, если в ней нет рядовых и офицеров, как бы ни были хороши генералы и маршалы.

В этой связи приведём штатное расписание, утверждённое распоряжением по РАН № 192 от 09.10.2012 (после 6% надбавки): м.н.с. – 13 827 руб./мес.; н.с. – 15 870; с.н.с. – 18 274; в.н.с. – 21 040; гл.н.с. – 24 166; руководитель отдела – 24 160; директор – 31 810. Всякий труд почётен, однако заметим, что вплоть до старшего научного сотрудника в РАН зарабатывают меньше, чем почтальон в Москве (20 тыс. руб./мес.), вплоть до главного – меньше, чем продавец-консультант со средним образованием (25 тыс. руб./мес.). И, наконец, директор академического института зарабатывает по штатному расписанию вдвое меньше, чем прораб на московской стройке.

И то, что при таких условиях РАН работает и получает важные научные результаты [30], означает, что в этой организации работают настойчивые, самоотверженные люди, не мыслящие себя вне науки. Реформы придут и уйдут, а российская наука должна остаться.

Да жива ли российская фундаментальная наука? А может быть, министр Д. Ливанов прав — и Академия наук действительно нежизнеспособна? Такие вопросы порой возникают при чтении критических статей о российской науке в газетах и журналах. Могли они появиться и у наших читателей.

Чтобы всё стало ясно, обратим внимание только на несколько результатов, которые были получены в научно-исследовательских институтах России в последние годы:

- многие важнейшие результаты современной фундаментальной науки связаны с исследованием дальнего космоса. Чтобы заглянуть далеко во вселенную, учёные наблюдают один и тот же объект с двух точек, разнесённых на большое расстояние. Чем больше расстояние, тем дальше удаётся заглянуть. Такие системы называют интерферометрами со сверхдлинной базой. Эта идея реализована в международном проекте «Радиоастрон», лидером которого является Россия. На орбиту был выведен космический спутник «Спектр-Р» с радиотелескопом на борту. Другая точка наблюдения была расположена на Земле. Расстояние между ними составило 300 тысяч километров. Это многократно расширило наши возможности исследовать отдалённые уголки вселенной;

- в результате уникального эксперимента, проведённого учёными Объединённого института ядерных исследований в сотрудничестве с российскими научными центрами и национальными лабораториями США, было зарегистрировано рождение наиболее тяжёлых изотопов трансурановых элементов с номерами 105–117. 117-й элемент был синтезирован впервые в мире. Типичным для трансурановых элементов является уменьшение времени полураспада с увеличением их номера. Однако учёные выдвинули гипотезу о том, что в мире сверхтяжёлых элементов должны быть «острова стабильности» и что начиная с некоторого номера период полураспада будет расти. Экспериментальные работы, проведённые в ОИЯИ, убедительно подтвердили это предположение. На основе этих достижений в США, Японии, Евросоюзе, Китае были приняты масштабные национальные программы по синтезу и всестороннему изучению атомных, ядерных и химических свойств тяжелейших элементов. Академику Ю.Ц. Оганесяну – руководителю этих работ – была присуждена Государственная премия РФ в области науки и технологий 2010 г.

- В Объединённом институте высоких температур РАН разработана уникальная парогазовая технология для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на базе отечественных газовых турбин с технико-экономическими и экологическими характеристиками, существенно превышающими мировой уровень. При этом стоимость генерируемой электроэнергии в два раза ниже, чем на традиционных ТЭЦ, и на 25% ниже, чем на теплофикационных парогазовых установках;

- в Институте молекулярной биологии РАН разработана, запатентована и внедрена в медицинскую практику технология биологических микрочипов (биочипов), которая позволяет проводить экспресс-диагностику туберкулёза, гепатита С, онкозаболеваний, аллергии. Тест-системы на основе биочипов применяют более чем в 40 клиниках и диагностических центрах России и стран СНГ, проходят сертификацию для последующего распространения в Европе;

- в Южном научном центре РАН подготовлен и опубликован «Атлас социально-политических проблем, угроз и рисков юга России» в 5 т. (2006-2011), в котором представлены и проанализированы острые проблемы политической, экономической и социальной жизни населения южных регионов страны. Эта работа представляется крайне важной с точки зрения обеспечения национальной безопасности России.

## **Российская наука и путь в будущее**

*К несчастью, то ж бывает у людей:*

*Как ни полезна вещь, – цены не зная ей,*

*Невежда про неё свой толк всё к худу клонит;  
А ежели невежда познатней,  
Так он её ещё и гонит.*

И.А. Крылов

Следуя логике и примеру выдающихся учёных и организаторов отечественной науки: Михаила Васильевича Ломоносова, Сергея Ивановича Вавилова, Мстислава Всеволодовича Келдыша, — развитие научного знания должно исходить прежде всего из тех ключевых задач, которые решает общество и государство.

Что же является главной задачей современной России?

Пока мир развивается в соответствии со сценарием, названным американским политологом С. Хангтингтоном «столкновением цивилизаций», в котором XXI век определяется острой конкуренцией цивилизаций или их блоков за тающие природные ресурсы. В новых технологических реалиях этот подход очень наглядно представлен в работах американского футуролога Элвина Тоффлера: «В разделённом на три волны мире сектор Первой волны поставляет сельскохозяйственные и минеральные ресурсы, сектор Второй волны даёт дешёвый труд и массовое производство, а быстро расширяющийся сектор Третьей волны восходит к доминированию, основанному на новых способах, которыми создаётся и используется знание...

Страны Третьей волны продают всему миру информацию и новшества, менеджмент, культуру и поп-культуру, передовые технологии, программное обеспечение, образование, профессиональное обучение, здравоохранение, финансирование и другие услуги. Одной из услуг может оказаться военная защита, основанная на владении превосходящими вооружёнными силами Третьей волны» [31].

К середине 1980-х годов СССР по многим ключевым показателям был на уровне цивилизаций Третьей волны или приближался к ним. Бесплодные разрушительные реформы 1985-2000-х годов сделали Россию страной Первой волны, типичным сырьевым донором. Около половины доходов бюджета даёт нефтегазовый сектор, не обеспечены продовольственная и лекарственная безопасность, а по уровню медицинского обслуживания, по оценкам экспертов Всемирной организации здравоохранения, Россия до недавнего времени находилась на 124-м месте.

*Обеспечение реального, а не бумажного суверенитета, уход от колониального сценария, переход от имитации инновационной деятельности к выходу на траекторию устойчивого, самоподдерживающегося развития России требует, чтобы наше Отечество стало цивилизацией Третьей волны. Это является категорическим императивом и для любой ответственной политической силы, и для отечественной науки в целом.*

Курс на высокие технологии диктуется географическим и геополитическим положением нашей страны [32]. [33]. Отсюда появляется критерий для оценки действий, проектов и инициатив в сфере науки и образования. То, что работает на достижение сформулированной цели, должно приниматься и исполняться. Проекты, направленные в противоположную сторону, следует отторгать и отклонять.

Главная причина нынешних трудностей – длительное отсутствие стратегического субъекта, который был бы заинтересован в её деятельности и результатах, в её развитии, и при необходимости мог бы защитить её от очередных набегов ретивых реформаторов.

На наш взгляд, такие субъекты в России уже появляются и ставят задачи, и со временем их может стать ещё больше. Важно, чтобы они добивались решения поставленных проблем. Приведём несколько примеров. На встрече с руководством РАН 03.12.2001 Президент РФ В.В. Путин поставил перед научным сообществом России две задачи. Первая – *независимая экспертиза принимаемых государственных решений и прогноз аварий, бедствий и катастроф в природной, техногенной и социальной сферах*. Предложенное академией решение – создание *Национальной системы научного мониторинга опасных явлений и процессов* – было согласовано с рядом заинтересованных ведомств, но не было принято к исполнению со ссылкой на отсутствие регламента принятия межведомственных федеральных целевых программ, т.е. по формальным причинам. И не было выполнено. Катастрофы последних лет наглядно показали, что этот круг задач стал ещё более актуальным, чем в начале 2000-х годов. Сделанные оценки показывают, что только реализация предложений РАН в области управления рисками катастроф помогла бы сэкономить многие сотни миллиардов рублей.

Независимая экспертиза государственных решений требует создания в РАН специализированной структуры, баз данных и знаний и подключение ко многим информационным потокам, но главное – *включение прогнозов, оценок, экспертиз, проводимых в РАН, в контур государственного управления*. Для успешного выполнения подобных задач статус академии должен быть повышен.

Вторая задача, поставленная президентом 03.12.2001, – *отработка сценариев перевода страны от нынешней экономики трубы на инновационный путь развития*. По сути дела, это и есть проблема превращения мира России в цивилизацию Третьей волны.

За последние 25 лет произошла деиндустриализация России, ряд областей промышленности перестал существовать, другие сократили выпуск продукции во много раз, наша страна утратила позиции на ряде мировых рынков (рис. 18) [34].

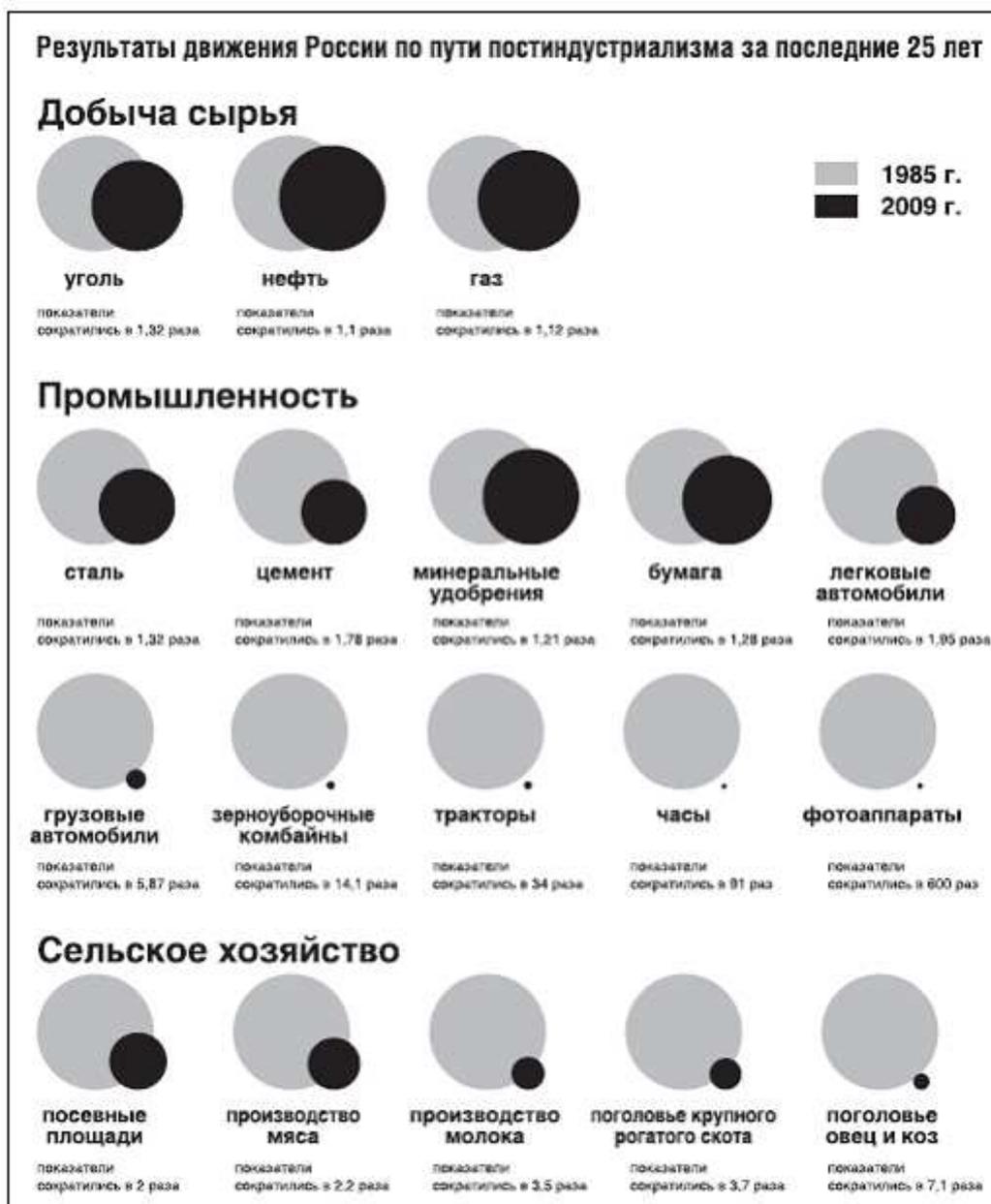


Рис. 18.

Сопоставление производимого не в денежных, а в натуральных показателях наглядно показывает, что по многим позициям мы ещё не дошли до уровня 1990 года [35].

Многие ведущие экономисты России, учёные РАН ставят вопрос о *новой индустриализации страны* как о пути к экономике знаний. Первичная индустриализация состояла в электрификации производительных сил. Неиндустриализация связана с «оцифровыванием» производительных сил, с микропроцессорной революцией, с переходом к трудосбережению, роботизированным производствам, к «зелёной индустрии». Ещё один принцип неоиндустриальной парадигмы – автоматизированная трансформация бытовых и промышленных отходов в ресурсы.

Президент РФ в качестве приоритетной задачи обозначил создание в ближайшие десятилетия 25 миллионов рабочих мест в сфере высоких технологий. Надо спроектировать и развернуть огромную промышленность, подготовить кадры, найти нишу на мировом рынке для экспортного сектора этой индустрии. Грандиозная задача!

Субъектом, объективно заинтересованным в деятельности академии и повышении её статуса, является общество, государственные органы, обеспечивающие функционирование системы образования и просвещения России. Признаем очевидное: путь вестернизации, по которому система образования РФ идет (и по которому сейчас направляют российскую науку), завёл её в глубокий тупик.

Эксперимент по объединению управления наукой и образованием в рамках одного министерства провалился. Целесообразно было бы, если бы кентавр Минобрнауки, не справляющийся ни с тем, ни с

другим, разделился на Министерство науки и технологий, которое действительно могло бы координировать научные исследования, ведущиеся в стране, и Министерство просвещения. Научное руководство последним естественно было бы возложить на РАН.

В настоящее время школьные программы перегружены второстепенным материалом. Попытки бороться с коррупцией при помощи ЕГЭ многократно увеличили её. В то же время и школьники, и студенты, как правило, не знают многих элементарных вещей, обладают низкой общей культурой, что негативно сказывается на овладении ими профессиональными навыками. И лекарства от этой тяжёлой продолжительной болезни можно искать в академии.

Образовательный потенциал академии используется явно недостаточно. В настоящее время РАН сталкивается с проблемой отсутствия подготовленной молодёжи. В этой связи представляется целесообразным создание ряда академических университетов в РАН для организации подготовки исследователей, что позволит преодолеть кадровую катастрофу в самой академии, в высокотехнологичном секторе российской экономики и ряде принципиально важных направлений оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

Об отношении граждан России к знанию и к академии наглядно свидетельствуют результаты социологического опроса населения крупных городов России, проведённого с 19 по 22 июля 2013 года сотрудниками Института социально-политических исследований РАН совместно с РОМИР, представляющим ассоциацию исследователей Gallup International.

Около 44% опрошенных плохо знакомы с деятельностью РАН и не имеют позиции по поводу реформирования академии, не понимают значимости научного знания для инновационного развития страны и пока не могут оценить последствия происходящих событий. (В большой степени это результат провала школьного образования.) Около 20% опрошенных ничего не знали о реорганизации РАН.

Вместе с тем 8 из 10 опрошенных высоко оценивают вклад РАН в развитие российской и мировой науки, а каждый третий считает, что без неё не было бы выдающихся открытий, полётов в космос, ядерной физики, современной армии.

7 из 10, отслеживающих реформирование РАН, полагают, что в случае реализации проекта МГЛ Россия утратит свои преимущества в сфере фундаментальных исследований, что это негативно скажется на перспективах социально-экономического развития страны, на её месте и роли в мировом сообществе.

Опрос показал, что уровень доверия граждан к академии очень высок и сравним с уровнем доверия к Президенту РФ, Русской православной церкви (РПЦ), Вооружённым силам. Так, разница между ответами «доверяю» и «не доверяю» в пользу «доверяю» для РАН составила самое большое значение — 39,4% по сравнению с другими социальными институтами страны.

Ещё один стратегический субъект, который объективно крайне заинтересован в развитии и расширении полномочий академии, — это ОПК [\[36\]](#).

Вице-премьер, курирующий ОПК, атомную и космическую промышленность, сферу высоких технологий, Д.О. Rogozin [\[37\]](#) обратил внимание на «события, которые в обозримой перспективе могут перевернуть современные представления о способах ведения войны». Это испытания в США гиперзвуковой ракеты, летящей со скоростью в пять с лишним раз быстрее звука, и отработка взлёта и посадки ударного беспилотного аппарата на палубу авианосца, проведённые в 2013 году. Напомним слова В.В. Путина: «Реагировать на угрозы и вызовы только сегодняшнего дня — значит обрекать себя на вечную роль отстающих. Мы должны всеми силами обеспечить техническое, технологическое, организационное превосходство над любым потенциальным противником».

Таким образом, ОПК России нужен стратегический прогноз, научные и технологические прорывы, позволяющие поддерживать суверенитет в военной сфере.

Приведём ещё несколько оценок текущей ситуации, данных вице-премьером:

«В конце 2012 года Пентагон провёл компьютерную игру, результаты которой показали, что в результате удара по «крупной и высокоразвитой стране» 3,5-4 тысячами единиц высокоточного оружия в течение 6 часов будет практически полностью разрушена её инфраструктура, и государство лишится способности сопротивляться...

Что мы можем противопоставить этой угрозе, если она действительно будет направлена против нас? Это должен быть асимметричный ответ, с использованием принципиально новых видов вооружений. Эти вооружения не должны опираться на существующие телекоммуникационные системы, которые могут быть выведены из строя в считанные минуты. Это должно быть автономное, самодостаточное оружие, которое может самостоятельно решать свои задачи...

Очевидно, что в ближайшее время для решения этой и подобных нетривиальных задач нам необходимо совершить технологический прорыв, который по своим масштабам может быть сравним с атомным проектом или с советской космической программой».

Схожие оценки ситуации содержатся в докладе Изборскому клубу, посвящённому военным проблемам [38].

Первые шаги, позволяющие ответить академии на этот вызов, достаточно очевидны:

- организация регулярного конструктивного взаимодействия ряда идеологов и руководителей ОПК с учёными РАН для постановки ключевых научных задач, ориентированных на будущее развитие ОПК и Вооружённых сил России. Это должно быть организовано на гораздо более высоком уровне, чем это делается сейчас в секции прикладных проблем РАН. Работа должна вестись более активно, конкретно и быстро;
- расширение и развитие системы открытых (и закрытых) конкурсов в интересах ОПК, позволяющих найти новые идеи и технологии, а также людей, способных работать в этой области;
- организация ряда институтов в РАН, ориентированных на поддержку ОПК. Возможно, организация работы по наиболее важным направлениям в режиме «спецкомитетов», хорошо зарекомендовавших себя в ядерном и космическом проектах, в развитии радиолокации, криптографии и авиационной техники;
- развитие ряда структур в РАН, обеспечивающих научное приборостроение в жизненно важных для ОПК областях. Подъём на этой основе метрологического обеспечения машиностроения и ряда оборонных систем. Положительный опыт в РАН и ряде других организаций в этой области имеется, однако он требует активного развития.

Заглядывая в будущее, уместно коснуться и организационных вопросов. В течение последнего года РАН готовила сводные отчёты всех 6 государственных академий наук. В ряде документов, включая пресловутый проект МГЛ, на неё возлагается координация всех фундаментальных исследований в России. Это большая серьёзная аналитическая, организационная, прогнозная деятельность, не сводящаяся к подшиванию и редактированию бумаг, приходящих из научных организаций. В академии должна быть создана структура, которая всерьёз, на высоком уровне и с привлечением ведущих учёных занимается этой важной и ответственной работой. Основа для этого уже создана. В период 2008-2012 гг. была реализована «Программа фундаментальных научных исследований государственных академий наук», в ходе которой были отработаны новые механизмы организации исследований, выполняемых различными структурами [39].

Вместе с тем необходимость объединять усилия в научной сфере становится всё более очевидной не только самим исследователям. Поэтому представляется разумным переподчинение «Сколково», Курчатовского института и других «клонов» академии, имеющих отношение к фундаментальным исследованиям и непосредственному использованию их результатов, РАН. При этом необходимо определить круг фундаментальных проблем и технологических задач, которые могут быть возложены на эти научные центры.

Посмотрев с тех же позиций на ключевые задачи, которые предстоит в ближайшие десятилетия решать российской цивилизации, мы увидим множество субъектов, которым остро нужна была бы сильная эффективная дееспособная Академия наук. Нужна была бы не для декоративных или представительских целей, а для важных и масштабных дел.

## **Выводы**

1. Человечество вступило в новую фазу своего развития. С одной стороны, оно определяется качественно новыми научными и технологическими изменениями, а с другой — фазой сверхпотребления, в которой возможности Земли поддерживать наше существование при использовании современных технологий и потребляемом объёме ресурсов оказались существенно превышены. Нам уже не хватает одной планеты. На времени жизни одного поколения имеет место слом глобальных демографических тенденций, определявших жизнь человечества на протяжении сотен тысяч лет. Пока мы стремительно движемся к «кризису 2050 года», сравнимому по масштабу и тяжести с исчерпанием ресурсов перед неолитической революцией.

Науке брошен вызов, равного которому в истории ещё не было. В течение ближайших 10-15 лет учёным предстоит найти новый набор жизнеобеспечивающих технологий (производство энергии и продовольствия, строительство, транспорт, образование, управление, согласование интересов и т.д.). Нынешние технологии обеспечивают существование человечества в течение ближайших десятилетий. Нам предстоит найти и применить технологии, рассчитанные на века. Если раньше наука закладывала основы следующего технологического уклада, то сейчас ей предстоит спроектировать новую цивилизационную среду.

2. В настоящее время, как никогда раньше, сложилась необходимость для страны сделать ставку в распределении ресурсов на науку и новые технологии, которые создаются в рамках прежде всего Российской академии наук. Необходимо сосредоточить усилия отечественной науки на путях решения главных, ключевых для нашей цивилизации – мира, России – задач. Самые большие возможности, перспективы и риски XXI века уже связаны с развитием и эффективным использованием способностей и потенциала людей и коллективов. Мы должны создать национальную систему выявления и развития

талантов, научить нашу молодежь мечтать, обеспечить деятельность ряда первоклассных вузов, сравнимых и превосходящих лучшие советские институты, и главное – дать возможность талантливым учёным, инженерам и организаторам реализовать свои идеи и замыслы на родине. Эти люди и помогут решить главные проблемы России, они и сделают нас цивилизацией Третьей волны. Это и есть истинная конкурентоспособность в современном мире.

Выступая на учёном совете механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, великий советский математик Андрей Николаевич Колмогоров, отвечая на вопрос о главном в работе факультета, сказал: «Нам всем надо научиться прощать людям их талант». Для нас это сейчас тоже самое главное.

3. Анализ показывает, что именно СССР на базе Академии наук был научной сверхдержавой, ведущей исследования по всему фронту, добившейся выдающихся успехов в освоении космоса и ядерной энергии, во многих других направлениях. На нескольких исторических рубежах работы наших ученых помогли отстоять суверенитет страны. Двадцать лет назад Россия пошла по пути ортодоксального либерализма. В 1990-х годах была уничтожена основная часть прикладной науки страны, в 2000-е годы – большая часть образовательного потенциала. По многим показателям российская наука сейчас оказалась во втором десятке в мире.

В настоящее время мы вновь находимся в ситуации, когда решается вопрос о будущем страны. Фундаментальные исследования играют роль дрожжей научно-технического пирога. На их основе можно возродить и прикладные работы, и военную науку, и поднять уровень медицины и образования, очень сильно упавший за последние десятилетия.

Наиболее успешно, активно и плодотворно фундаментальные исследования развиваются в РАН. Предпринимавшиеся попытки заместить РАН целиком или в каких-то направлениях Курчатовским институтом, «Сколково», «Роснано», Высшей школой экономики, несмотря на обильное финансирование, оказались несостоятельными. Законопроект о реорганизации РАН Медведева–Голодец–Ливанова, исходящий из принципа «разделяй и властвуй», уничтожит РАН, парализует фундаментальные исследования в стране и лишит нас шансов на возрождение России. Он должен быть отозван или кардинально, при самом активном участии научного сообщества, переработан.

4. С государственной точки зрения, фундаментальная наука объективно необходима лицам, принимающим стратегические решения по следующим основаниям:

- для независимой экспертизы принимаемых государственных решений и прогноза бедствий, кризисов, катастроф в природной, техногенной и социальной сферах;
- для отработки сценариев перехода от «экономики трубы» к инновационному пути развития (новая индустриализация и создание 25 миллионов рабочих мест в высокотехнологичном секторе экономики);
- для проработки принципов и основ создания новых типов оружия, которые могут изменить геополитический статус страны;
- для стратегического прогноза, позволяющего быстро и своевременно корректировать «карту угроз» для государства и выделять проблемы, требующие немедленного решения;
- для экспертизы крупных программ и проектов, реализуемых на государственные деньги. (Попытка в задачах экспертизы и прогноза обойтись без РАН, без серьёзных фундаментальных исследований и возложить эти проблемы на ВШЭ, Российскую академию народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ и иностранные компании провалилась. Эти работы следует поручить РАН, создав условия для их выполнения. Принципиальна относительная независимость РАН от государства, обеспечивающая объективность даваемых оценок, а не работу по принципу «чего изволите».)

5. Академия наук дает лучшие возможности по сравнению с другими структурами для реализации крупных междисциплинарных проектов – магистрального направления научного и технологического развития XXI века. Однако это требует её единства и системной целостности – тесной связи между различными отделениями, между гуманитариями, естественниками и специалистами по математическому моделированию, между академическими организациями в разных регионах страны. Разрыв связей между ними, предусматриваемый законопроектом МГЛ и другими подобными планами, резко сократит научный потенциал страны и ухудшит перспективы России. Сегодня мы не знаем, что станет главным и критически важным через 5-10-20 лет. Поэтому мы должны знать, понимать и развивать многое, что и позволяет делать РАН.

6. Любой стратегический субъект и любая ответственная политическая сила объективно заинтересованы в достоверном прогнозе, серьёзной научной экспертизе, выявлении рисков и новых возможностей, а следовательно, и в первоклассных научных исследованиях. В нынешних условиях крайне важно объединение сил научного сообщества. Поэтому на РАН следовало бы возложить координацию всех фундаментальных исследований, ведущихся на федеральные деньги в стране, задачи научно-технической экспертизы и проектирование будущего. Сегодня, чтобы принимать дальновидные эффективные решения во множестве областей — от гособоронзаказа до социально-

экономической и региональной политики, — надо иметь ясные представления о развитии мира и России на ближайшие 30 лет. К этому самым серьёзным образом относятся в ведущих странах мира, выбирая приоритеты своего развития и направления прорыва на основе глубокого научного анализа и корректируя их, систематически учитывая происходящие в мире изменения. Так дело должно быть поставлено и в России.

7. Наука самым тесным образом связана с образованием, которое в современной России находится в глубоком кризисе, обусловленном непродуманными, недалёковидными экспериментами в этой области в течение последних 20 лет.

Целесообразно разделить Министерство образования и науки на Министерство науки и технологий и Министерство просвещения и наделить Высшую аттестационную комиссию РФ правами федерального агентства. Научное руководство Министерством просвещения следовало бы возложить на Академию наук, поручив последней также создание нескольких академических университетов, ориентированных на подготовку будущих исследователей начиная со школьной скамьи. Это может задать планку для всей системы образования России. Институты РАН могут стать основой для базовых кафедр ряда университетов, как это делалось в период создания Московского физико-технологического института. Ряд образовательных проектов академии показывают, что она вполне готова к такой работе. Осталось принять решение и ликвидировать бюрократические препоны, воздвигнутые на этом пути.

8. Ключевым для судьбы России, отечественной науки и академии является целеполагание. Наша страна должна быть не сырьевым донором, и не второразрядной державой, а основой для одной из системообразующих цивилизаций современного мира. Для этого следует идти своим путем, ясно видеть свои долговременные цели, национальные интересы, проект будущего. Чтобы иметь реальный суверенитет, мы должны сами себя кормить, защищать, учить, лечить, обогревать, должны сами обустроить свою страну и определять наше будущее. Во всем этом может помочь российская наука. Ей просто надо дать возможность это сделать.

Постановка задач перед академией и российской наукой определит её организацию, структуру, формы деятельности и руководителей, готовых братья за эти проблемы.

Первый российский ядерный заряд назывался «РДС-1». Его разработчики расшифровывали это название «Россия делает сама». Мы смогли научиться делать это сами во многом благодаря первоклассной науке. Сравнимый по масштабам и остроте вызов сейчас брошен нашей державе. Вновь на весах истории взвешивается: быть России или нет...

Мы сейчас можем изменить будущее. Для этого нужны воля, огромное желание, сверхусилия и ясное осознание нынешней реальности.

У нас есть шанс. Еще не вечер.

---

[1] Российская академия наук. Хроника протеста. Июнь-июль 2013./Сост. А.Н. Паршин. – М.: Журнал «Русский репортер», 2013. – 256 с.

[2] В научном сообществе этот законопроект называют Законом Медведева—Голодец—Ливанова (МГЛ).

[3] Иванов В.В. Инновационная парадигма XXI. – М.: Наука, 2013.

[4] Иванов В.В. Модернизация и политика инновационного развития//Инновации, 2012. № 9, с. 13-20.

[5] Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. Изд. 3-е. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 288 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему).

[6] Лем С. Сумма технологии: Собр. соч. Т. 13 (дополнительный). – М.: Текст, 1996. – 463 с.

[7] Форрестер Д. Мировая динамика. – М.: ООО «Издательство АСТ», СПб.: Terra Fantastica, 2003. – 379 с. – (Philosophy).

[8] Медоуз Д.Х., Рандерс Й., Медоуз Д.Л. Пределы роста: 30 лет спустя. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 358 с.

[9] Медовников Д., Оганесян Т. Повесьте мишени поближе // Эксперт, 2009, № 37, с. 18-24.

[10] Нанотехнологии в ближайшие десятилетия. Прогноз направления исследований / Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса, П. Аливисатоса. – М.: Мир, 2002. – 292 с.

- [11] Инновационная политика: Россия и Мир. 2002-2010 // Под ред. Н.И. Ивановой и В.В. Иванова. – М.: Наука, 2011, с. 185-223.
- [12] Константинов Л. Мозг из машины. Власти крупнейших стран вкладывают миллиарды в искусственный разум // «Русский Репортер», 2013, 21-28 марта, с. 46-50.
- [13] Гринмейер Л. Печатать невозможное // В мире науки. 2013, № 7-8, с 48-51.
- [14] Воронин А.А. Миф техники – М.: Наука, 2006. – 200 с.
- [15] Иванов В.В. Технологическое пространство и экология технологий // Вестник РАН, 2001, т. 81, № 5, с. 414-418.
- [16] Малинецкий Г.Г. Пространство синергетики. Взгляд с высоты. М.: «Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 248 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему, № 60).
- [17] Наука. Ученые – свет // Esquire, 2011, март // Essential Science Indicators, Thompson Reuters, 2000-2010.
- [18] Будущее науки в XXI веке. Следующие пятьдесят лет // Под ред. Дж. Брокмана. – М.: АСТ: Астрель: Владимир: ВКТ, 2011. – 255 с.
- [19] Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. Изд. 3-е. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 288 с. (Синергетика: от прошлого к будущему).
- [20] Пенроуз Р. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики. М.: «Книжный дом «Либроком», 2011. – 400 с. (Синергетика: от прошлого к будущему).
- [21] Проблемы математической истории: Основания, информационные ресурсы, анализ данных // Отв. ред. Г.Г. Малинецкий, А.В. Коротаев. – М.: «Книжный дом «Либроком», 2009. – 256 с.
- [22] Инновационная Россия-2020. Стратегия инновационного развития России на период до 2020 г. // Под ред. О.В. Фомичева. М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2012.
- [23] Научная и инновационная политика: Россия и Мир, 2011-2012 гг. // Под ред. Н.И. Ивановой и В.В. Иванова. – М.: Наука, 2013, с.11-57.
- [24] Асеев А. Становится явным. Почему из реформы сделали секрет // Поиск. 2013, № 31-32, с. 5.
- [25] Наука, технологии и инновации России 2012. Краткий статистический сборник. – М.: Институт проблем развития РАН, 2012. – 88 с.
- [26] Осипов Г.В. Российская академия наук – Три века служения Отечеству. – М.: ИСПИ РАН, 2013. – 360 с.
- [27] Алфёров Ж.И. Власть без мозгов. М.: Алгоритм, 2012. – 224 с.
- [28] Наука России. От настоящего к будущему // Под ред. В.С. Арутюнова, Г.В. Лисичкина, Г.Г. Малинецкого. М.: «Книжный дом «Либроком». 2009. – 512 с. (Будущая Россия).
- [29] Механик А. Долгосрочная конкурентоспособность // «Эксперт», 2013, № 32 (12-18 августа), с. 50-53.
- [30] Доклад Правительства Российской Федерации. Об итогах реализации Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук за 2008-2012 гг. и перспективы развития исследований в 2013-2020 гг. – М.: РАН, 2013. – 400 с.
- [31] Тоффлер Э., Тоффлер Х. Война и антивоина: что такое война и как с ней бороться. Как выжить на рассвете XXI века. – М.: АСТ: Транзиткнига, 2005. – 412 с. – (Phylosophy).
- [32] Паршев А.П. Почему Россия не Америка. М.: Крымский мост-9Д, Форум, 1999. – 416 с.
- [33] Малинецкий Г.Г. Чтобы сказку сделать былью... Высокие технологии – путь России в будущее. М.: «Книжный дом «Либроком», 2012. – 224 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему, № 58).
- [34] Мусин М.М., Губанов С.С., Новая индустриализация. Прогресс или регресс. // Сверхновая реальность. 2013, № 6, с. 20-27.
- [35] Гражданкин А.И., Кара-Мурза С.Г. Белая книга России: Строительство, перестройка и реформы 1950-2012 гг. – М.: «Книжный дом «Либроком». 2013. – 560 с. (Будущая Россия, № 24).
- [36] <http://www.rg.ru/2012/02/20/putin-armiya.html>.
- [37] <http://www.rg.ru/2013/06/28/rogozin-site.html>.
- [38] Россия: военный вектор. Военная реформа как составная часть концепции безопасности Российской Федерации // Изборский клуб. Русские стратегии. 2013, № 2, с. 28-61.
- [39] Доклад Правительству Российской Федерации «Об итогах реализации Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук за 2008-2012 гг. и перспективы развития фундаментальных научных исследований в 2013-2020 гг.». – М.: Наука, 2013, 400 с.

<http://www.nanonewsnet.ru/articles/2009/georgii-malinetskii-doklad-o-perspektivakh-rf>

## «Инновация – последняя надежда России»

**Георгий Геннадьевич Малинецкий, профессор, доктор физико-математических наук, лауреат премии Ленинского комсомола (1985) и премии Правительства Российской Федерации в области образования (2002).**

Страна входит в критическое десятилетие Альтернативой ускоренному инновационному развитию страны может быть только её распад. Если мы не переломим нынешних тенденций, по колеям коих скользит Российская Федерация, нас уже ничто не спасёт. РФ не сможет быть даже сырьевым придатком развитого мира.

### СТРАТЕГИЯ НАЦБЕЗОПАСНОСТИ ПРИНЯТА. ЧТО ДАЛЬШЕ?

26 мая 2009 года президент РФ Дмитрий Медведев подписал новую Стратегию национальной безопасности. В ней впервые появились слова о том, что государство должно обеспечить гражданам комфортное жильё, впервые появились положения о духовной и информационной безопасности страны. Грубо говоря, это – идеология газеты «Завтра», прочтённой с запозданием в пять лет. Лаг, конечно, великоват, но прогресс налицо: восторжествовала именно «завтрашняя» логика. Правда, без конкретных цифр, но не будем слишком привередливыми.

Дмитрий Анатольевич Медведев обозначил новые рубежи в политике: «Главная задача государственного аппарата и элиты России – эффективное управление страной в существующих границах». Многим поставленная цель покажется скромной. Но это совершенно не так! Увы, от выполнения этой задачи зависит и ответ на вопрос: будет ли РФ существовать через десять лет? Утвердительный ответ, к сожалению, сегодня неочевиден...

Исследователь считает: поскольку русское общество – традиционно, то стоит вспомнить два изречения Конфуция. Вот они...

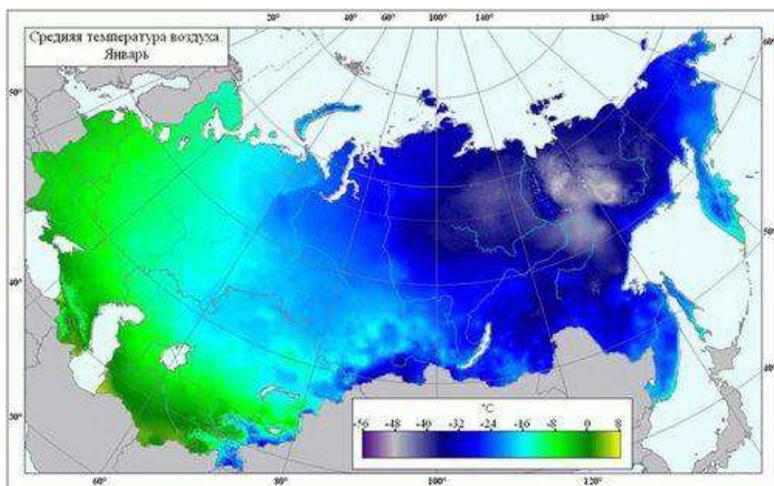
- «Как служить государю? – Не лги и не давай ему покоя».

- «В государстве должно быть достаточно пищи, должно быть достаточно оружия и народ должен доверять правителю. Можно отказаться от оружия. Можно отказаться от пищи. С древних времён ещё никто не мог избежать смерти. Но без доверия народа государство не сможет устоять...»

Сегодня, Россия находится в критическом положении. Обрабатывающая промышленность РФ – в упадке. В изрядной мере развалено сельское хозяйство. Единственный спасительный ресурс, который остался у нас – «изменение умов», если говорить языком Конфуция. Всё техническое – второстепенно.

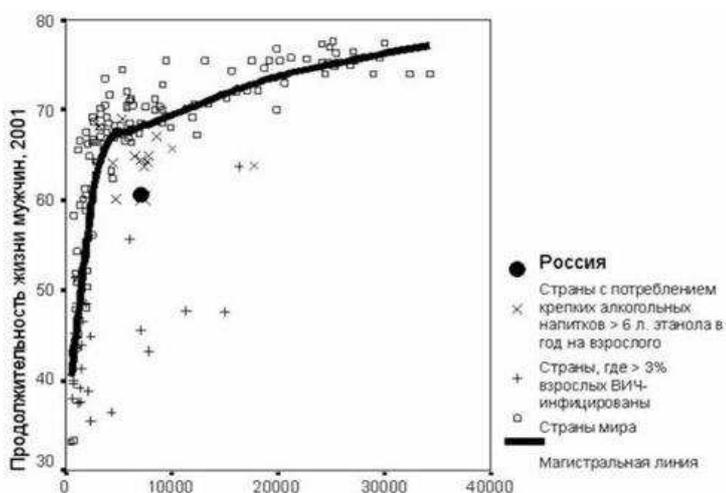
«Если мы будем и дальше мыслить так, как мыслили до сих пор, у нас нет ни малейшего шанса на выживание!» –

Альтернативы инновационному пути развития страны действительно нет. РФ отстаёт от прочего мира катастрофически: она двадцать лет стояла на месте, пока остальные развивались. В нынешней парадигме сырьевого «развития» и в условиях глобализации страна полностью неконкурентоспособна. В подтверждение Георгий Малинецкий продемонстрировал январскую температурную (изотермическую) карту СССР. По ней видно, что две трети территории РФ – вечная мерзлота и суровые холода зимой. А самые тёплые регионы теперь – в большинстве своём стали другими государствами.



Карта показывает: мы в сложившейся системе в принципе не можем быть конкурентоспособными, – доказывает профессор. – Ни при каком раскладе. У нас из-за природно-климатических условия – весьма дорогая рабочая сила, каковую надо хорошо кормить, обогревать и тепло одевать. У нас – неизбежно дорогое жильё. В условиях глобализации (свободного потока идей, людей, капиталов, товаров и информации) Россия ни при каких условиях не выживает. Ни о каких отечественных «боингах» и речи быть не может...

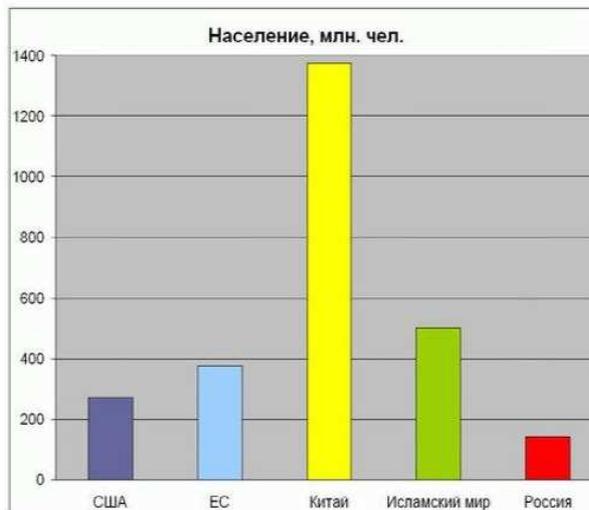
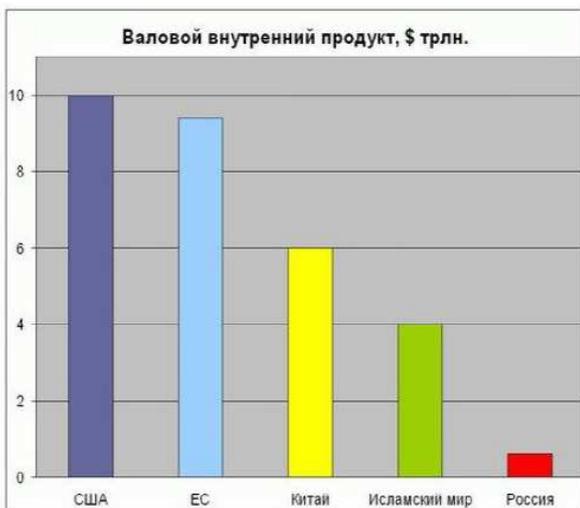
По мнению Георгия Геннадьевича, положение, при котором Российская Федерация, производя всего 1% глобального валового продукта, владеет 30% всех мировых богатств, не вечно. «Подобные страны долго не живут!».



### ВРЕМЯ НЕ УМНЫХ, А СИЛЬНЫХ

Американцы не скрывают правды: сегодня идёт борьба не стран, а цивилизаций. Наступило время не умных, а сильных. Посмотрим на представленные в докладе красноречивые диаграммы.

1980 году Советский Союз по объёму своего ВВП равнялся шести Китаям. Сейчас Российская Федерация – это одна пятая КНР. То есть, по отношению к Китаю мы ужались в тридцать крат. А население? Наша демографическая слабость будет сказываться ещё два поколения. Целых два поколения должны прилагать сверхусилия, чтобы спасти страну. Это крайне сложная управленческая задача. Она сложнее той, что стояла перед поколением победителей во Второй мировой, – заявляет Георгий Малинецкий.



Положение продолжает усугубляться в ходе нынешнего мирового экономического кризиса. Китай продолжает свой рост, а РФ «проседает» очень сильно, уступая сомнительную пальму первенства лишь Японии. Продовольствие в России дорожает намного более стремительно, чем на Западе.

Как считает заместитель директора ИПМ РАН, мы проходим кризис наихудшим образом из всех возможных. Кризис в верхах рассматривают, как какое-то стихийное бедствие, а единственную надежду видят в том, чтобы дождаться благоприятной конъюнктуры на мировых рынках сырья. Пожалуй, самая важная инновация для РФ сегодня заключается в том, чтобы научить нашу элиту таблице умножения. Чтобы достигнуть подобия макроэкономической стабилизации, правительство истратило 200 миллиардов долларов, треть финансовых резервов страны. И всё равно безработица к концу 2009-го ожидается на уровне 10 миллионов человек. Но на эти же двести миллиардов можно было создать 10 миллионов рабочих мест со средней зарплатой в 20 тысяч рублей, причём на три года. На кризис экономический наслаивается кризис демографический. Парадокс: но социально-экономическая система в РФ такова, что наши граждане живут в среднем на 10 лет меньше, чем должны были бы жить при существующем уровне ВВП на душу населения.



Россия здесь выбивается из глобального графика, показывающего зависимость средней продолжительности жизни от ВВП per capita.

Если всё останется так, как есть, то Российская Федерация к 2030 году развалится без всякого нападения внешнего врага, без ввода чужих войск на нашу территорию. Предлагаю вашему вниманию карту такого распада. Синим обозначена территория, попадающая под контроль США, жёлтым – земли, отходящие Китаю. Между синим и жёлтым – спорная территория. Терракотовый цвет – зона Японии. Зелёным окрашены мусульманские анклавы. Карелия отходит к Финляндии.

Таковы результаты моделирования, проведённого в нашем институте, – говорит Г.Малинецкий.

Чтобы спастись, нам необходимо срочно переходить на режим форсированного инновационного развития. Но, увы, пока это невозможно – ибо действуют несколько пагубных факторов...

### СОВЕТСКОЕ НАСЛЕДИЕ УЖЕ ПРОЕДЕНО, НО РАСПАД СССР ЕЩЁ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

В принципе, мы пожинаем сегодня плоды разрушения Советского Союза и остановки нашего развития на целых двадцать лет. Те же губительные факторы, что развалили Союз, продолжают действовать и поныне, не давая России развиваться. Всего Георгий Малинецкий выделяет семь таких факторов.

Уничтожение смыслов и ценностей.

Отказ от государственного планирования и целеполагания.

«Шизофренизация» руководства.

Привязка к Западу.  
Переход от работы к имитации деятельности.  
Опора на криминалитет.  
Уничтожение личной ответственности.

Никаких тайных технологий, никаких суперкомпьютеров не применяли! – убеждён исследователь. – Всё принципиально просто. Сначала вывалили в грязь всё святое и героическое, что было в стране, объявили её историю помойной ямой. Потом сломали всякое планирование и целеполагание в деятельности государства. Одновременно пустили в ход эффект «шизофренизации»: это когда часть элиты делает одно, а другая часть – совершенно противоположное, дискредитируя первую часть элиты.

Примеров шизофренизации полным-полно и в нынешней РФ. Например, Стратегия национальной безопасности и уточнённый бюджет-2009 противоречат друг другу. А до кризиса бюджеты противоречили программным выступлениям первых лиц государства, излагавших планы борьбы с демографическим кризисом, инновационного развития страны и т.д. Типичный пример «раздвоения сознания» – когда нынешний глава министерства образования и науки **А.Фурсенко** говорит о том, что образование у нас плохое, а министерство работает из рук вон плохо.

В обстановке шизофренизации и отказа от целеполагания работа в элите заменяется на бурную имитацию деятельности, реальные достижения заменяются на пропагандистские фанфары и телевизионные картинки. Всё время что-нибудь реформируют и перестраивают, толком не добившись нормального результата от вчерашних преобразований. При этом руководители не несут никакой личной ответственности за провалы. Помните черномырдинское – «Хотели, как лучше, а получилось, как всегда»? В РФ некоторые руководители, наломав множество дров и нанеся громадный ущерб стране, всё равно остаются в элите. Можно напомнить недоуменный вопрос премьера Путина в Пикалево: «А почему за то, что случилось, никого не посадили? Посадки-то где?» Нет их – ибо безответственность стала законом нашей жизни.

И, наконец, была сделана ставка на криминалитет. Наша элита обогащалась преступными методами. Криминалитет поддержал Ельцина. И сегодня всё криминализировано, всё стоит на взятках, казнокрадстве, правовом нигилизме сильных мира сего, – поясняет *Георгий Геннадьевич*.

Итак, факторы-убийцы продолжают действовать. И это происходит на фоне потери Россией советского наследства. По словам *Г.Малинецкого* (а его ИПМ занимался ключевыми технологиями, поднявшими нашу страну на пьедестал сверхдержавы в XX веке), козырными технологиями СССР выступали:

Ядерное оружие  
Космические технологии  
Надёжные шифры.

В XXI столетии, в дополнение к этим «кольцам всевластия», добавляются новые:

Проектирование будущего  
Высокие гуманитарные технологии  
Технологии сборки и уничтожения социальных субъектов.

Что происходит сейчас? – рассказывает учёный. – Мы на сегодня потеряли советское наследие, а новыми козырными технологиями в РФ толком не занимаются. Ядерное оружие – уже не козырь для России. Не так давно знаменитый *Збигнев Бжезинский* высказался примерно так: *Россия может иметь сколько угодно ядерных чемоданчиков и ядерных кнопок, но поскольку 500 миллиардов долларов российской элиты лежат в наших банках, вы ещё разберитесь: это ваша элита или уже наша? «Я не вижу ни одной ситуации, при которой Россия воспользуется своим ядерным потенциалом», – съязвил Бжезинский.*

Что касается космических технологий, тут всё очевидно. Наша космическая промышленность – в упадке, у РФ вот уже 17 лет нет систем, работающих в дальнем космосе.

Шифры? Тоже потеряно ой как много. Нас уже насквозь «просматривают», читают, как открытую книгу. Мы знаем, что ряд наших офицеров в августе 2008 года в режиме реального времени сливал информацию и в Вашингтон, и в Тбилиси. Словом, прежние козырные технологии ослабли, а разработкой новых РФ реально не занимается...

Казалось бы, каждое действие нашего правительства должно опираться на передовые инновации, разрывающие тесный круг кризиса и безысходности, дающее новые пространства свободы, – продолжает *Георгий Геннадьевич*. – А что мы видим в реальности? Кризис только усугубляется. Вот министр обороны А.Сердюков проводит военную реформу. Её основные планы таковы:

Будет сокращено около 200 тыс. офицеров и 150 тыс. прапорщиков и мичманов. Виды вооружённых сил (кол-во частей) 2008 – 2012

Сухопутные войска 1890 – 172

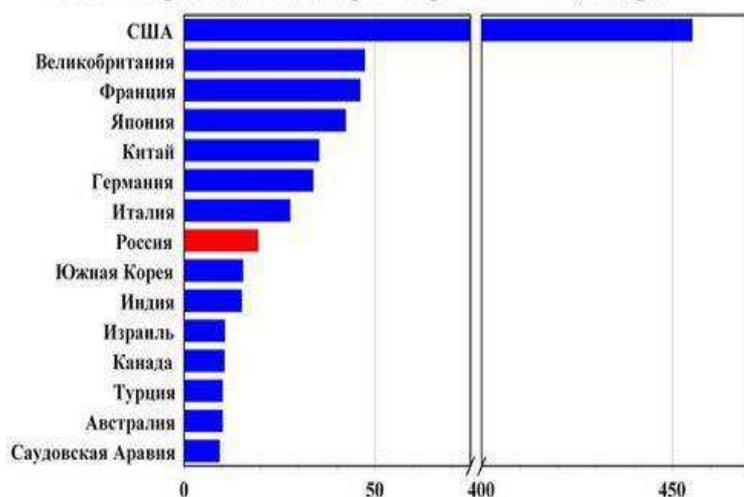
Военно-воздушные силы 340 – 180

Военно-морской флот 240 – 123

Ракетные войска стратегического назначения 12 – 8

Воздушно-десантные войска 6 – 5

Военные расходы некоторых стран в 2004 г., млрд.\$



То есть, сухопутные войска сокращаются в десять раз, ВВС и ВМФ – вдвое. А как мы после такой реформы будем держать границу? Где те самые инновационные технологии оборонно-промышленного комплекса (ОПК), которые позволят решить эту задачу после таких сокращений? К сожалению, все предложения нашей организации по модернизации ОПК, которые позволили бы хоть как-то обеспечить обороноспособность страны после сердюковского разгрома, пока блокируются. Нам отвечают: вот сначала реформируем армию, а потом будем читать ваши бумаги...

### США УХОДЯТ В ОТРЫВ

А параллельно в США военный бюджет нарастили до астрономических размеров. Оборона в Америке выступает как мощный мотор инновационного развития. Все прорывные инновации финансировались и финансируются прежде всего из военного бюджета. Все – включая продукцию Билла Гейтса. Весь космос был отработан не на частные инвестиции, а на деньги государства. Частный бизнес пришёл сюда потом. То же самое касается большой химии, компьютеров, Интернета: всё это было вброшено в реальность с помощью государства, а не частного бизнеса – последний только потом всё это коммерциализовал. Агентство передовых разработок Пентагона, DARPA – одна из важнейших структур американской экономики.

Посмотрите на размеры бюджетных ассигнований на оборону: цифры несколько устарели, но общий табель о рангах сохранился, – поясняет *Г.Малинецкий*. – РФ занимает «почётное место» между Италией и Южной Кореей. А сейчас, в ходе кризиса, положение с финансированием обороны в РФ ухудшается. Вот нетривиальная задача: как при таких расходах сохранить обороноспособность?

Военные НИОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы) в Соединённых Штатах примерно в сотню раз больше, чем у нас. Ладно, если бы в десять раз – в этих условиях можно хоть как-то соревноваться. А когда превосходство доходит до сотни крат – тут получается, как в поговорке: против лома нет приёма. Интересно, как мы собираемся обеспечить национальную безопасность?

Тут, по мнению, исследователя, нужны самые смелые инновации, революционные прорывы в военном деле. Но где они в РФ? – Американцы уже, через неправительственную организацию, вбросили в сознание миф о дешёвой ядерной войне. Предложили нанести удары всего по двенадцати экономическим объектам в РФ. Ибо, если армия России уже небоеспособна, достаточно уничтожить её промышленность, – говорит Георгий Геннадьевич. – Экономия налицо: при Эйзенхауэре планировалось уничтожить в случае войны 193 миллиона советских людей, в 2001-м речь шла уже о 8–12 миллионах жителей РФ, а теперь можно сократить жертвоприношение до двух миллионов. И это – несомненная инновация.

Но вот что интересно: а почему мы на государственном уровне (общественники – не в счёт) не обсуждаем, по каким целям бить в США?

По-моему, уже пора...



«Федерация американских учёных» – влиятельная организация, в которую входят 68 нобелевских лауреатов, – в апреле 2009 г. предложила сократить количество ядерных боеголовок, а также перенацелить ракеты с густонаселённых городов на 12 ключевых объектов российской экономики – в том числе на предприятия «Газпрома», «Роснефти», «Русала» и даже немецкой E.ON и итальянской Enel.

### ИННОВАЦИОННАЯ «ШИЗОФРЕНИЗАЦИЯ»

Из доклада Г.Малинецкого вырисовывается недвусмысленная картина. С одной стороны, только инновационная модель развития позволит России не распасться, и власти это признают. С другой стороны они же, говоря об инновационном прорыве РФ, на деле наносят тяжелейшие удары по тем сферам и структурам, от которых зависит успех перехода страны на инновационную модель экономики. Налицо настоящая «шизофренизация». А на фоне этого США ускоренными темпами движутся в новый технологический уклад, строят новый мир. Их планы впрямую угрожают будущему РФ, бросают нам вызовы. Американцы, в отличие от нас, активно создают Будущее.

Первый пример «шизофренизации» – бездарная реформа образования в РФ, связанная с «болонизацией» и введением единого госэкзамена (ЕГЭ). Эти «инновации» реально ведут к разрушению основы основ инновационного развития – высококачественного русско/советского образования. Качество обучения падает. При этом и ЕГЭ, и всякие бакалавриаты-магистратуры в штыки встречается большинством общественности. Тем не менее, «реформа» продолжается.

Модернизация российского образования

Болонская конвенция

Переход к системе «бакалавриат+магистратура»

Единый государственный экзамен

ЕГЭ-2008 Двойки:

Математика – 23,5%

Русский язык – 11,2%

По словам профессора Малинецкого, у него сейчас «на отзыве» – федеральный госстандарт по шести специальностям, где Институт прикладной математики РАН – признанный лидер. Это касается прикладной математики, математики и механики, математического моделирования. И уже видно: так называемые бакалавры в этих специальностях никакого знакомства с наукой не получают. Идёт сокращение аудиторных часов: там, где в СССР было 36 часов, новый стандарт оставляет 27.

То, что творится сейчас – симуляция, имитация образования, – рассказывает заместитель директора ИПМ. – Читая лекции в МГТУ имени Баумана, в Физтехе и МИФИ, я это отлично вижу. Студенты не учатся, как в СССР, пять-шесть лет. Реально посещая занятия два с половиной года, они затем, как говорят в шутку, получают специальность «слесаря-программиста» и уходят работать на неполный день, за тысячу долларов в месяц. А учёба идёт по боку...

Но что будет со страной, если образование наше развалится? А его – под речи об инновационном прорыве РФ – именно разваливают!

### СЛОМАННЫЙ ЦИКЛ

Вторая игнорируемая властью проблема – слом инновационного цикла. Каким он был в СССР? Сначала – фундаментальные исследования, условно говоря – на рубль. Потом – прикладные исследования, уже – 10 рублей. Далее шло создание технологий и вывод их на рынок – это уже 100 рублей затрат. Потом следовала реализация новых товаров и услуг, осуществление появившихся возможностей. Затем шла экспертиза всего этого, выявление возникших проблем и постановка новых задач – и снова начинались фундаментальные исследования. Весь этот цикл в РФ разгромлен. Нет больше прикладной науки. Негде

использовать новые разработки: в России погибли высокотехнологичные промышленные гиганты. Есть отличные биотехнологии, но нет нашего «Проктора и Гэмбла», который их мог бы востребовать. Что толку от великолепных исследований в аэродинамике, если больше нет отечественных аналогов «Боинга» – фирм Туполева, Яковлева, Ильюшина, Антонова? Авиастроение в РФ еле теплится. Разрушение образования – тоже слом инновационного цикла. Экспертизы тоже больше нет, попытки её восстановить блокируются на всех уровнях.

Ещё в 2001 году президент В.Путин поставил перед наукой задачу: проводить экспертизу решений, принимаемых государством, строить прогнозы и планы на будущее, создать систему предупреждения чрезвычайных ситуаций. И что же? Эта работа блокируется на уровнях Академии наук, правительства и даже администрации президента. Таким образом, сегодня инновационное развитие РФ намертво заклинено, его механизм умело поломан. Как пример – Г.Малинецкий приводит профанацию с созданием госкорпорации «Роснано». В структуру вкачаны огромные деньги, во главе поставлен Чубайс, все ждут, когда начнётся торговля нанотехнологиями. – Но позвольте! Во всём мире занимаются прежде всего нанонаукой и наноинженерией, а технологии будут позже. Так всюду – но только не в РФ. Нанотехнологии – финальная часть цикла, а «Роснано» собралась, метафорически выражаясь, доить корову, которую ещё не вырастили и не выкормили, – рассказывает **Георгий Геннадьевич**, один из создателей «Нанотехнологического общества России». – Получается сущая «панама»! – А, во-вторых, нанотехнологии «ближнего прицела» (до создания наноассемблеров-сборщиков) должны применяться в имеющихся отраслях промышленности. Это – как острые специи к основным блюдам. Каковы они на сегодня? Где применяются нанотехнологии «ближнего прицела»?

Мощной биотехнологической промышленности, работавшей в СССР, больше нет. У нас уничтожено производство систем накопления информации и полупроводников, не делаются новые материалы. Производство полимеров еле теплится. Ну, и где мы будем использовать технологии, что собирается создавать «Роснанотех»? За рубеж с ними идти? Но там уже места под солнцем поделены, русских никто не ждёт.

Я спросил обо всём этом у одного из заместителей **Анатолия Чубайса**. Мол, у кого и за счёт чего мы рынок отвоюем? Его ответ поразил до глубины души: «Ещё не знаю, но мало никому не покажется!» В общем, чего тут думать – трясти надо, как в анекдоте про прапорщика и шимпанзе. В общем, шапками закидаем супостата! Мы пробовали изложить наши соображения другим руководителям «Роснано». Мол, вы специи хотите делать – но для какого блюда? В ответ слышим: «Это надо осмыслить...» Они об этом даже не задумывались...

**Георгий Малинецкий** как пример «шизофренизации» государства привёл корректировку бюджета на 2009 г., проведённую Минфином. Итак, какие статьи в стране, заявившей о борьбе с кризисом и о переходе на инновационные рельсы, были сокращены, а какие – увеличены?

#### **Уменьшили:**

Инфраструктура: –56,4%

Субсидии бюджетам субъектов РФ: –19,9%

Функционирование Вооружённых сил РФ: –8%

Дорожное хозяйство: –26,2%

Высшее образование: –6,4%

Культура: –22%

Фундаментальные исследования: –9,4%

Органы безопасности: –3,4%

#### **Увеличили:**

Помощь дотационным регионам: +34,2%

Транспорт (безопасность): +19,2%

Телевидение и радиовещание: +34,9%

Топливо-энергетический комплекс: +40,3%

У нас решили помочь «Газпрому», сырьевому сектору! – возмущается исследователь. – У нас, оказывается, слабые радио и телевидение! Наверное, не хватает «Дома-2» – нужны «Дом-3, 4, 5...» А кто у нас в «отстое»? Инфраструктура. Как будто бы в РФ инфраструктура – не в угрожающе изношенном состоянии. Как будто все страны мира не выходили из кризиса, вкладывая деньги прежде всего в инфраструктуру! Вы опыт **Франклина Рузвельта** вспомните. Или опыт нынешнего Китая. А у нас – всё наоборот.

Что там ещё сажают на голодный финансовый паёк? Важнейшие для инноватики сферы: Вооружённые силы, высшее образование, фундаментальные исследования, культуру. Чистейшей воды шизофренизация: новая Стратегия нацбезопасности – в одну сторону тянет, бюджет – в другую...

По мнению исследователя, без создания нового инновационного механизма, без подъёма отечественной перерабатывающей индустрии и без ликвидации шизофреники в политике государства все разговоры об инновационном развитии РФ – пустые словеса.

## ОБ УГЛЕВОДОРОДНОЙ «СВЕРХДЕРЖАВЕ» – БЕЗ ИЛЛЮЗИЙ

Видимо, верхи РФ «в подкорке» сами пока не верят в возможность инновационного варианта развития, по-прежнему в глубине души уповая, как и в 1991-м, на экспорт углеводородов. Но *Георгий Малинецкий* безжалостно развенчивает эти мечтания: – Давайте не лгать самим себе: время «нефтяной цивилизации» заканчивается. И дело не только в том, что в США вот-вот примут грандиозную программу использования солнечной энергетики. Судя по всему, доступных, относительно лёгких в разработке месторождений «чёрного золота» уже нет: за последние четверть века не было открыто ни одного нового «кувейта». Сейчас каждая третья тонна нефти добывается либо на шельфе, либо в океане, сквозь толщу вод до 2 километров. Добыча углеводородов скоро начнёт падать.

Однако это падение не приведёт к росту цен на нефть. Почему – скажу ниже. Отметим, что Российская Федерация с её семью процентами в мировом нефтяном балансе и разваленной системой геологоразведки не в состоянии даже пошевелить мировые цены на углеводороды. Никаким «энергогарантом» она быть не в состоянии. Лучшие времена её нефтедобычи уже позади.

При этом есть все основания ожидать, что мировое падение нефтедобычи не приведёт к росту цен на нефть! Ведь в США (основном мировом потребителе нефти) через Конгресс проходит грандиозная программа развития солнечной энергетики. Американцы намереваются, повысив КПД солнечных батарей всего на 1%, покрыть их панелями пустыни Аризоны и Невады, где безоблачно и жарко почти круглый год. Намеченные рубежи: с помощью солнечных установок производить 65% энергии, потребляемой страной и 35% – тепла. У нас почему-то не говорят об этой программе, а ведь она – смертный приговор России в её нынешнем «углеводородном» виде.

Кажется, наши власть предержащие боятся заглянуть в будущее и не решаются что-то толком спланировать. А делать это, тем не менее, придётся. Потому что мы стоим на пороге совершенно нового мира...

## ЗАОКЕАНСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ БУДУЩИМ

Пока в России топчутся на месте и только говорят об инновационном росте, не решаясь применить ясное целеполагание, весь мир живёт иначе. Особенно разителен контраст с Соединёнными Штатами, где не только смело заглядывают в будущее, но и активно его формируют – в своих, естественно, интересах. В США действуют более тридцати футурологическо-прогнозных конференций, тесно связанных с разведывательным сообществом. Американцы прекрасно понимают: прежняя модель мирового развития исчерпала свои возможности, впереди – переход в совершенно новый (Шестой) технологический уклад. И они готовятся возглавить сей переход.

Самый впечатляющий пример такой работы – Институт сложности в Санта-Фе, – поясняет Георгий Малинецкий. – Там работают три нобелевских лауреата по экономике. Американцы, творчески развив теорию Николая Кондратьева о больших волнах в экономике, создают цивилизацию Шестого уклада. Что у них есть? Назовём лишь некоторые теории. Теория инновационного развития Брайана Артура. Теория техноценоза Л.Г. Бадалян, В.Ф. Криворотова. Структурно-демографические модели П.В. Турчина.

Американцы понимают, что вот-вот на смену «Пятому технологическому укладу» пойдёт Шестой. Что имеется в виду? Развернём карту технологических укладов.

### IV технологический уклад

Массовое производство  
Автомобили  
Самолёты  
Тяжёлое машиностроение  
Большая химия

### V технологический уклад

Компьютеры  
Малотоннажная химия  
Телекоммуникации  
Электроника  
Интернет

### VI технологический уклад

Биотехнологии  
Нано-технологии  
Проектирование живого  
Вложения в человека  
Новое природопользование  
Робототехника  
Новая медицина  
Высокие гуманитарные технологии  
Проектирование будущего и управление им  
Технологии сборки и уничтожения социальных субъектов



Как американцы управляют будущим? – продолжает *Георгий Геннадьевич*. – Им чужд примитивный, либерально-колониальный подход Чубайса: пусть, те, некоторые чудаки придумывают какие-то инновации и пытаются их продать. Какие – не нашего, начальников, ума дело. Все просто: если инновации продаются – значит, они того стоят. Если нет – то плакать не надо, видать, плохие то были инновации.

А в США специально изучают: какие еще не существующие инновации, какие изобретения нужны для скорейшего перехода в новую эру? В РФ попытки определить, что нам нужно, встретили сопротивление и в РАН, и в правительстве, и в администрации президента. Только-только делятся первые робкие шаги в этом направлении.

А вот в США понимают, что глубинные причины нынешнего кризиса – в исчерпании возможностей Пятого уклада.

## ТАЙНЫ БОЛЬШОГО ПЕРЕХОДА

Николай Кондратьев в свое время выяснил, что локомотив экономики – Большие волны, несущие с собой новые технологические уклады. По словам *Г.Малинецкого*, каждый уклад проходит в своем развитии три этапа. Сначала возникает наука, связанная с новыми возможностями – это 10–15 лет. Потом наступает стадия создания опытных образцов техники – еще 10–15 лет. Наконец, столько же длится и третий этап – проникновение нового техно-уклада в экономику.

◇ СССР смог максимально воспользоваться преимуществами IV уклада, – продолжает доктор физико-математических наук *Г.Малинецкий*. – совершенно верно сказано, что впереди – «война моторов». Но лидерство в том или ином укладе требует от страны сверхусилий. Южная Корея стала одним из лидеров V уклада, но ей пришлось до 43% своего ВВП тратить на инвестиции и инновации, умеряя потребление. Буквально, работать, затянув пояс. Постсоветская Россия полностью «проспала» Пятый уклад, занявшись саморазгромом, самопроеданием и сверхпотреблением. Впрочем, Канада тоже не смогла воспользоваться выгодами этого уклада.

◇ Мы должны понимать, что вложения в инновации V волны уже не дают прежних отдачи и успехов, – говорит *Г.Малинецкий*. – России поздно заниматься персональными компьютерами, программированием и мобильными телесистемами: главные «сливки» уже сняты другими. Нас пускают лишь в аутсайдерские ниши. Ну, есть в РФ 150 миллионов мобильных – и что дальше? Человек не может покупать новый сотовый телефон раз в четыре месяца – это бессмысленно. Отрасли Пятого уклада достигли стадии насыщения и не в состоянии поглотить большие деньги. Но и новые отрасли (Шестого уклада) пока не готовы принять огромные инвестиции: ни нанотех, ни новая медицина, ни «зеленая» химия.

В этих условиях американцы дают преференции тем людям, что мыслят категориями Шестого уклада, обладают его психологией. И пока «Роснано» пытается доить еще несуществующую корову, уповая на «невидимую руку рынка», американцы создают мечту. Все ведь начинается с мечты, а не с зарабатывания денег, как думают многие расейские «либералы». А на основе мечты – рождается и план. Американцы сначала порождают стратегии и мегапроекты, а потом – и нужные для них инновации.

Понимая, что прежняя траектория развития мира закончилась, американцы организовали Институт сингулярности. Основатель – Р. Курцвейль, 2009 год. Спонсоры – «Google» и NASA. При живейшем участии Департамента передовых разработок Пентагона – DARPA.

Читаются курсы:

- Нанотехнологии.
- Биотехнологии.
- Роботехника, мехатроника.
- Прогностика.
- Новые финансы.
- Предпринимательство в новом мире.

В стенах Института сингулярности проходят обучение высшие менеджеры государства и корпораций. В этом году – 25 слушателей, в 2010-м – их будет уже сотня. Они готовят свою элиту к реалиям Шестого уклада. В противоположность этому кафедра социальной самоорганизации и антикризисного управления Российской академии госслужбы при Президенте РФ была закрыта за несколько месяцев до кризиса, летом 2008-го. А саму академию решили репрофилировать, превратив в обычный вуз, занятый подготовкой вчерашних школьников.

В РФ никто не хочет понимать, что прежний мир кончился. Все наши попытки (а я представляю *Нанотехнологическое общество*) провести серьезные конференции по проектированию будущего и по выработке «технического задания» на нужные стране инновации просто отторгаются. И государством, и «Роснано». А на Западе – проходит одна конференция за другой... *Малинецкий* убежден, что для обеспечения перехода в новую эру США создали свою негласную внешнеполитическую программу.

Назовем ее основные пункты.

- Однополярный ядерный мир.
- Фактический союз с радикальным исламом.
- История должна быть остановлена.
- «Посадка» доллара с сохранением мирового господства.

Поясню один момент, – продолжает исследователь. – Зачем нужен де-факто союз с радикальным мусульманством? Американцы не любят отдавать свои жизни, но зато могут тонкой манипуляцией использовать для этого радикальный ислам. Попутно он играет еще одну важную для США роль: останавливает развитие на охваченных им территориях, погружая их в средневековую дикость. При этом американцы используют одну иллюзию российской элиты: «Россия войдет на Запад как государство». Запад не примет нас как государство – он готов глотать Россию лишь по частям. Но, ведомая этой иллюзией, наша элита не может обеспечить развитие РФ, действует вопреки национальным интересам. И это – также на руку американцам. Еще одним конкурентом за лидерство в новой эре меньше...

## **ОПАСНАЯ ЭРА НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

Наступление эры нанотехнологий так же неизбежно, как наступление эпохи двигателей внутреннего сгорания после века паровых машин. Георгий Малинецкий готов это доказать.

Пожалуй, высшая стадия нанотеха – создание крохотного ассемблера-сборщика, который сможет из атомов собирать все необходимые вещи на нанофабрике размером с комнату. На Западе уже ходит теория «Двухнедельной технологической революции». Ее компоненты:

- Принципиально новые устройства могут быть созданы в маленькой лаборатории. Стоимость новых форм живого – 200 тыс. \$
- Возможность редактировать геном (евгеника)
- Наноассемблеры позволяют производить все желательные вещества очень быстро
- Плотность записи информации 10<sup>15</sup> / см<sup>2</sup> (сейчас – 10<sup>8</sup>/см<sup>2</sup>)
- Принципиально новые растения, животные, другие формы жизни (например, выведенная в одном из наших научных центров суперсосо, растущая в несколько раз быстрее, чем обычная)
- Универсальные анализаторы. Постоянный мониторинг состояния организма
- Распад цивилизаций (все можно произвести на месте)

По словам Г.Малинецкого, страна, первой совершившей такой прорыв, моментально обгонит все прочие страны и превзойдет их так же, как европейцы превосходили ацтеков и инков. Такой нанотех – основа и для революции в военном деле: он позволяет создать совершенное и чистое, абсолютное оружие. Тех же микророботов и целые их сообщества.

Кстати, работы по микророботам и по проблемам коллективных действий роботов были закрыты в Институте прикладной математики в 1989 году как «бесперспективные»...

А технология создания нанотрубок, из которых можно создавать материал в сто раз легче стали – и в шесть раз ее прочнее? Это не только возможность получить, например, абсолютно пуленепробиваемые доспехи или суперброню. Из нанотрубок можно создать «канатную дорогу» между Землей и спутником на геостационарной орбите (36 тысяч км). И по этой дороге – запускать в космос грузы, используя центробежную силу и не тратя и грамма горючего. Это тот самый «космический лифт», о котором писал Артур Кларк в «Фонтанах рая», который проектировал советский ученый Юрий Арцутанов.

Россия также могла бы начать смелые нанотехнологические проекты. Начиная от памперсов, впитывающих объем жидкости в сто раз больший по объему, нежели абсорбент в самом подгузнике – и заканчивая технологией создания «эльфийского плаща»-невидимки Виктора Веселаго. Он еще в 1967 году высказал идею создания материала, который может отклонять лучи света и радиоволны, заставляя их как бы обтекать объект, закутанный в «эльфийский» материал.

Но вот беда: «Роснано» такие работы финансировать не хочет. Мол, нет у них гарантированных рынков сбыта. «Эльфийский плащ» могло бы заказать Минобороны, если бы в его составе, как в американском Пентагоне, действовал свой ДАРПА – Департамент передовых исследований. Но аналога ДАРПА у нас нет. А на рынок производства памперсов Россию не пускают. Вообще. Вот и пропадают отечественные разработки почем зря. В рамках нынешней псевдолиберальной парадигмы «по Чубайсу» это – ненужные инновации.

Доклад *Малинецкого* рисует полный паралич инновационного развития в РФ. Неужели все так безнадежно? – Мы с распадом СССР оказались отброшенными на век назад, – считает Георгий Геннадьевич. – Однако надежда выжить у нас есть. Чтобы начать инновационное развитие, действовать нужно по многим направлениям. Прежде всего, как и век назад, стоит задача: не потерять Сибирь, Север и Дальний Восток. Столкнувшись с той же проблемой столетие назад, знаменитый *Сергей Витте* настоял на постройке Транссибирской магистрали, связавшей страну. Сегодня нам необходимо строить высокотехнологичную транспортную систему, включая в нее и железные дороги, и Севморпуть, и оптоволоконную связь, и хабы.

Как говорил покойный ныне академик *Никита Моисеев*, если Древняя Русь была создана на торговом маршруте «из варяг в греки», то новая Россия должна стать на пути «из англичан в японцы». Такая транспортная система по-новому свяжет страну, позволит дать работу 20 миллионам человек и обеспечит только увеличение доходов, связанных с транзитом, на 30 миллиардов долларов ежегодно, реанимирует Северный морской путь, возродит десятки аэродромов-хабов. И еще – он даст толчок нашему инновационному развитию. Примечательно, что проект системы, разработанный нашими учеными (в Фонде развития России под руководством профессора *Е.М.Гринева*), был представлен президенту *Владимиру Путину*, тот дал указание разобраться в нем – но ни одно министерство это поручение не выполнило. У нас вообще выполняются лишь 5% президентских распоряжений.

У нас есть люди, формирующие идеологию инновационного, опережающего развития страны, прорыва в Шестой уклад. Это и *Сергей Кара-Мурза* («Советская цивилизация»), и *Андрей Паршев* («Почему Россия не Америка»), и коллектив авторов «Русской доктрины», Но, увы, нет пророков в своем Отечестве: пока идеи этих авторов не стали мейнстримом в политике верхов страны.

Однако все эти авторы сделали важную работу: они создали Мечту. Всякое эпохальное свершение проходит три стадии развития. Возьмем для примера космонавтику. Сначала чем-то новым занимаются «безумцы»-визионеры. Например, *Циолковский* с его идеей космических полетов и *Николай Федоров* с его философией воскрешения всех умерших и заселения ими других планет. Потом приходят энтузиасты, вроде *Цандера* или *Тихонравова*, строящие первые действующие модели ракет. Они доказывают техническую возможность воплощения Мечты. Наконец, венчают дело профессионалы вроде *Сергея Королева*, строящие космическую промышленность.

Как-то я спросил одного из сподвижников *Королева*: «Как же вы справились с таким невероятно трудным делом?» Он ответил: «Мы были уверены, что мы – лучшие и непременно выйдем в космос. Ибо нас воспламенили книги: «Межпланетные полеты» *Якова Перельмана* (1904 год) и советская «Энциклопедия межпланетных полетов», изданная в 1934–1936 годах...». Так что мечтатели-воспламенители умов у нас сегодня есть.

Чтобы двигаться по инновационному пути, России необходимо сформировать новую «повестку дня» и определить главные инновации. Очевидно, что по сути нам потребуется совершенно новый государственный аппарат. Напомню, что подобные задачи решали и *Иван Грозный*, отодвигавший от государственных рычагов старое, косное боярство. Нам нужна новая идеология, новая сфера ценностей, воодушевляющая национальная идея. Однозначно – светская, ибо воцерковленных людей в РФ – всего три процента. Назову, на мой взгляд, ее основные положения.

Духовное выше материального.

Общее выше личного.

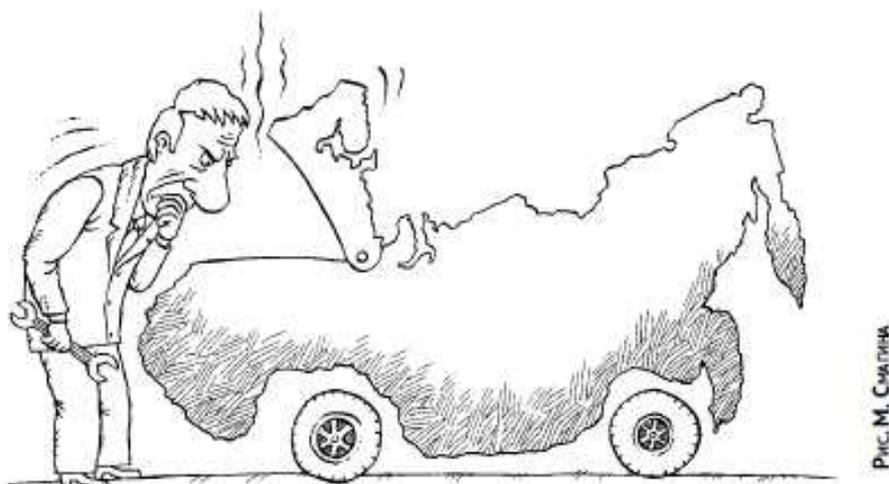
Справедливость выше закона.

Будущее выше настоящего и прошлого.

Только опираясь на эти становые инновации, мы сможем спасти страну в бурях и грозах наступающей эпохи. Сумеем перевести Россию на траекторию инновационного роста. Но на это потребуются сверхусилия – не будем себя обманывать. Будет очень трудно...

## О выборе между моделями организации науки

**Илья Бетеров, кандидат физико-математических наук, с.н.с. Института физики полупроводниковим. А.В. Ржанова СО РАН, доцент НГУ и НГТУ**



### Наука и кризисы

Наука — одна из немногих областей человеческой деятельности, в которой «человеческий фактор» играет решающую роль. Талант научного работника, его способность к длительному целеустремленному поиску, умение отыскать перспективное направление исследований, осмыслить результаты, квалификация и кругозор, владение информацией, опыт и удача — определяющие факторы успеха, которые ничем не заменишь. В то же время современная наука не может существовать без сложной и дорогостоящей инфраструктуры, системы научной экспертизы, установившейся традиции передачи знаний и опыта... И, увы, даже самые выдающиеся научные результаты могут подолгу не находить своего практического применения.

Всё это делает науку особенно подверженной кризисным явлениям. Мы замечаем, что в последние десятилетия общественный интерес к научным исследованиям падает не только в России, но и во всем мире; это влечет за собой ухудшение социально-экономического положения самих ученых, которое сопровождается усилением внутренней конкуренции.

Но даже на фоне общемирового кризиса состояние российской науки отличается в худшую сторону. В советский период, несмотря на значительный интерес государства и общества к науке, изоляция от мировой научной среды, идеологическое и административное давление, а также нараставшее с 1960-х годов техническое отставание в оснащении научных лабораторий существенно снижало продуктивность советских ученых. После развала СССР ситуация в отечественной науке стала катастрофической, и лишь в последние десять лет наметились улучшения, связанные главным образом с увеличением общего финансирования. Системные же, организационные проблемы при этом не решались, а только усугублялись.

Одним из наиболее важных негативных последствий современной научной политики в российской науке оказалась постепенная утрата ориентиров, которая стала особенно заметной после радикальной реформы РАН. Грантовая система в России на начальном этапе не могла послужить средством решения новых научных задач, она осталась лишь способом увеличения зарплат наиболее продуктивным ученым до прожиточного минимума. В дальнейшем, особенно с появлением федеральных целевых программ, произошла бюрократизация системы конкурсного финансирования научных исследований с одновременным превращением ее в систему обогащения для обладателей административного ресурса и связей.

Практически без внимания осталась главная цель деятельности научного работника — решение научных задач, имеющих значительную идейную ценность, важных «по гамбургскому счету»,

или действительно важных прикладных задач. Аналогичные процессы происходили и в образовании, где качество подготовки специалистов тоже утратило свое значение. Оживление привносила лишь гонка за публикациями и грантами, при этом разрыв с мировой наукой так и не был преодолен, многие коллективы оказались сосредоточенными на простых задачах, не требующих напряженной работы.

Впрочем, определенные ориентиры в российской научной среде всё же постепенно выстраиваются. И здесь ярко выделяются две позиции. Группа либерально настроенных ученых склоняется к тому, что в России должна быть создана научная среда западного образца, для которой характерны принудительная мобильность, международная открытость, глубокая интеграция с образованием и высокий уровень конкуренции. Противоположная точка зрения заключается в том, что российские ученые должны в первую очередь обслуживать потребности российской экономики и военно-промышленного комплекса, и преимущество всегда должно оставаться за крупными, прикладными и желательно секретными проектами. Рассмотрим основные черты этих двух идеологий.

### **Западная система**

Механический перенос западной научной системы в Россию отстаивается довольно многими, несмотря на то, что сама эта система испытывает кризисные явления, последствия которых удастся сглаживать в первую очередь за счет привлечения иностранных работников.

Особенность западной системы — сверхконкуренция, которая во многом обесценивает академическую карьеру. Лишь один из семи высококвалифицированных исследователей, защитивших диссертацию и получивших временную позицию, может рассчитывать на то, что впоследствии станет постоянно работающим сотрудником университета. Переход из одной лаборатории в другую, переезды из города в город, рассылка бесчисленных резюме, низкие зарплаты — достаточно большой стресс для людей, не слишком молодых и обремененных семьями. Поэтому уход из науки (в лучшем случае для того, чтобы заняться промышленными разработками) — неизбежное решение подавляющего большинства начинающих ученых.

В этом случае в среднем возрасте приходится начинать карьеру с нуля, нередко в новой для себя области, и диплом PhD оказывается лишь слабой компенсацией упущенных за время его получения возможностей профессионального роста вне науки. Это снижает привлекательность научной карьеры и создает нездоровую обстановку публикационной гонки, культа престижных журналов, погони за сенсациями.

Такая система с одной стороны препятствует приходу в науку талантливых людей, не готовых мириться с неопределенностью, с другой — выталкивает из научной среды случайным образом многих исследователей достаточно высокого уровня. Следует отметить, что отчаянная конкуренция заставляет научных работников буквально со студенческой скамьи стремиться в наиболее престижные научные центры, поскольку это повышает их шансы на дальнейшее трудоустройство. Что создает преимущества для США как для главного бенефициара утечки мозгов со всего мира.

Кризис западной системы науки и образования прекрасно осознается зарубежными исследователями, ему посвящены сотни книг и статей, но пока выхода из этого кризиса не видно. Можно предполагать, что сама система постоянной занятости в академической сфере через некоторое время исчезнет. Относительная стабильность положения научных работников в России, существовавшая до недавнего времени, была одним из немногих конкурентных преимуществ научной работы в России.

### **Курс на изоляцию**

Несмотря на то, что российская наука и образование до сих пор изолированы от международного научного сообщества, в последние десятилетия российская академическая наука прошла большой путь к международной открытости и признанию работ российских ученых. Публикации в западных журналах и участие в международных конференциях стали нормой, по крайней мере, в естественных науках.

Отгораживание российской науки завесой секретности, превращение научных институтов в «почтовые ящики» — «золотые клетки» для ученых — в современных условиях будет способствовать потере наиболее квалифицированных специалистов, для которых ценна возможность выбирать интересную тематику и свободно общаться с коллегами. Более

того, исключение российской науки из системы мирового научного сотрудничества, обмена знаниями и опытом, неизбежно приведет к ее технологической и идейной деградации. Это связано в первую очередь с тем, что наиболее сложная техника эксперимента передается «из

рук в руки», да и самые дорогие установки можно строить лишь в рамках международной коллаборации.

Сторонники автономной науки опираются в первую очередь на опыт грандиозных советских проектов — атомного, космического, опыт разработки современных видов вооружений. Но успех советского атомного проекта был бы невозможен без высокого уровня предвоенной советской физики атомного ядра, которая развивалась в тесной кооперации с европейскими учеными и не относилась тогда к тем научным направлениям, которые обещали значительную отдачу в ближайшем будущем.

Это иллюстрирует не только необходимость тесной кооперации, но и трудность определения действительно приоритетных направлений научных исследований, поскольку они диктуются в первую очередь внутренней логикой науки, а не потребностями государства.

Крупные проекты могут оказаться неэффективными, если их цель будет недостаточно ясной и если не будет создано работоспособного механизма переноса прикладных результатов в экономику. Множество научных работников будут в этом случае сосредоточены на абстрактных исследованиях в рамках навязанной сверху узкой тематики.

### **Размытость управления наукой**

На государственном уровне управление наукой в России в настоящее время размыто. В отличие от РАН, которую часто рассматривали как некое министерство, Минобрнауки не претендует на компетентность в научных вопросах. То же самое относится и к вновь созданному ФАНО — Федеральному агентству научных организаций. Реорганизованная РАН остается фактически клубом ученых, который не может выполнять предписанных ему законом экспертных функций.

Нет оснований ожидать, что совместная деятельность ФАНО и РАН по подготовке госзаданий и планов будет более эффективной, чем прежде. Более оперативное и действенное управление наукой можно было бы осуществлять через научные фонды, но гранты РФФИ и РГНФ ничтожны, а 700 грантов РНФ на всю российскую науку — это капля в море. Кроме того, эффективное управление наукой не сводится к распределению финансирования.

В новой модели организации науки ключевая фигура не ученый, ведущий исследования, а директор научной организации. Ему принадлежит вся власть в институте, включая распоряжение количеством сотрудников, и вся полнота ответственности за бесчисленные показатели. Такая авторитарная конструкция вряд ли будет способствовать свободному научному поиску. Научная деятельность высокого уровня невозможна без риска, без права на ошибку — вместо нее мы получим в научных институтах типичную психологию чиновников, стремящихся максимально себя обезопасить. Устранение демократических принципов организации науки происходит также через отмену выборности ученых советов.

Таким образом, совершенно нет оснований ожидать, что в результате реформы научные институты станут центрами притяжения талантов. К сожалению, эта проблема выходит далеко за рамки науки, и не может быть решена никаким увеличением финансирования. Очень серьезную опасность представляет внедрение формальной, «палочной» системы оценки научной деятельности, в которой будет априори считаться, что две статьи в каком-либо научном журнале заведомо лучше, чем одна статья. Это будет способствовать публикации однообразных работ, не содержащих ярких идей или глубокого и систематического анализа исследуемых явлений.

### **Поиск оптимума**

На мой взгляд, конкретная форма организации российской науки должна опираться в первую очередь не на вертикальные, а на сетевые принципы организации, на снижение ведомственных барьеров между образованием, фундаментальной и прикладной наукой, максимальное вовлечение в международный обмен знаниями и опытом. Уже в краткосрочной перспективе важно сделать ряд шагов. Достаточно удачную практику совмещения базового и конкурсного финансирования научных исследований следует сохранить и упорядочить, ограничив число одновременно выполняемых проектов и конкурсную составляющую заработной платы.

Нужно поддерживать интеграционные и междисциплинарные проекты, выполняемые сотрудниками разных научных направлений, организаций, ведомств. Следует всецело поддерживать сотрудничество университетов и академических институтов, находить для него дополнительные финансовые возможности, вовлекать научных работников в преподавание и преподавателей в научную работу.

Нужно поддерживать создание небольших научных групп «с нуля» молодыми исследователями подобно тому, как это делается за рубежом. Для таких групп нужны помещения и средства на

создание новых экспериментальных установок. Именно эта схема должна стать основным средством поддержки мобильности ученых и поиска лидеров, способных генерировать идеи и вести людей за собой, а такая малая научная группа должна стать основной организационной единицей.

Крупные проекты должны осуществляться под руководством ученых, обладающих бесспорным научным авторитетом и энергией, достаточной для руководства такими проектами. Для работы в рамках этих проектов следует опираться на временные научные коллективы.

Контрактная форма трудоустройства научных работников, по-видимому, практически неизбежна. Важно сохранить систему, допускающую продление контрактов.

Нужны целевые средства для поддержки участия научных работников в международных научных конференциях, а также для приглашения иностранных специалистов в Россию. Несомненна необходимость морального оздоровления научного сообщества, восстановление уровня научной экспертизы, борьба с фальшивыми диссертациями, и очень важны социальные гарантии ученым — представителям старшего поколения, которые не должны жить в страхе перед увольнением.

Нужно продолжать восстановление инфраструктуры научных исследований, искать при этом возможности для развития отечественного приборостроения, в частности, через частичное субсидирование приобретения отечественного оборудования взамен импортного. В инновационной сфере полезно поддерживать участие госкомпаний и частных компаний в совместной работе с академическими институтами и университетами. Кроме того, переход высококвалифицированных специалистов в уже существующие компании в российских условиях более реалистичен, чем опора на «стартапы», возникающие «с нуля».

Этот список мер, разумеется, неполон. Но если не начать с элементарных вещей, то рассчитывать на возрождение российской науки невозможно. См. также:

*Тезисы Ильи Бетерова накануне первой сессии конференции - «Кризис невозможно преодолеть только в рамках РАН» — <http://trv-science.ru/2013/08/27/krizis-nevozmozhno-preodolet-tolko-v-ramkakh-ran/> <sup>[3]</sup>*

**Джордж Массер (George Musser) — редактор и один из авторов журнала *Scientific American*, автор книги «Путеводитель по теории струн для полного идиота» (*The Complete Idiot's Guide to String Theory*, 2008).**

*Когда-то казалось, что квантовая теория — последний гвоздь, вбитый в гроб чистого разума. Сегодня, похоже, она становится его спасителем*

Пора выборов президента США — пожалуй, не лучшее время петь оды человеческому здравому смыслу. Кандидаты дают невыполнимые обещания, однако избиратели почему-то проглатывают это. Содержательные аргументы не властны над толпой, миром правят короткие, хлесткие как лозунги, фразы. Какой отход от идеалов Просвещения, веры в рациональность, вдохновившей когда-то создание республики! Но дела обстоят даже хуже, чем вы можете себе представить. Кое-что из того, что, как вы считаете, можно постичь разумом, если приложить достаточные усилия, логике не поддается. Если вам все же удалось прожить жизнь, руководствуясь исключительно разумом, — никогда не голосовать, не взвесив тщательно каждое слово кандидата; не покупать бытовые приборы, не проконсультировавшись с журналом Союза потребителей *Consumer Reports*; ничего не принимать на веру без доказательства; никогда умышленно не искажать аргументы, подменяя их похожими, но более слабыми; никогда не попадать в любые иные присущие плоти ловушки, — время от времени вы, тем не менее, обнаружите, что делаете что-нибудь не имеющее смысла, и не в силу недостатка ума, а исключительно потому, что сам разум — это лезвие пилы, в котором отсутствует несколько зубьев.

На протяжении XX в. ученые и математики вынуждены были мириться с мыслью, что есть вещи, которые всегда будут оставаться недоступными нашему разуму. В 1930-х гг. Курт Гедель убедительно показал, что даже в рационально устроенной математической вселенной на каждый парадокс, который удастся разрешить путем глубоких размышлений, появляются несколько новых. Экономисты и политологи обнаруживают аналогичные ограничения законов логики в организации общества, а историки науки подрывают нашу веру в то, что научные споры решаются исключительно на основе фактов. В концентрированном виде ограниченность логики проявилась в квантовой физике, которая утверждает, что нечто происходит, и вы не можете знать почему.

Однако в минувшем десятилетии события приобрели странный поворот. Сама теория квантовой физики, которая, казалось, ставит предел человеческому познанию, в действительности нас освобождает. Она расширяет наши знания не только о физическом мире, но и о нас самих. Открывая новые правила логического мышления, она выводит нас из тупика, в который завел нас разум. В расширенных рамках, которые даровала нам квантовая физика, поведение человека, возможно, выглядит не таким уж иррациональным, как убеждают нас в этом вечерние новости.

### **Бремя разума**

Мало кого мечта о Просвещении влекла больше, чем маркиза де Кондорсе, одного из ведущих математиков конца XVIII столетия. Вдохновленный успехами физики Ньютона, несколько простых законов которой объясняют причину падения яблока и орбиты планет, он пытался создать аналогичную науку, управляющую обществом. Разум, полагал он, сможет сделать мир лучше. Он и другие мыслители эпохи Просвещения вели кампанию за прогрессивное политическое мироустройство: отмену рабства, равноправие женщин, всеобщее государственное образование. Друг Томаса Джефферсона, Бенджамин Франклин и Томас Пейна, Кондорсе стал одним из первых лидеров Великой французской революции. «Настанет тот день, когда солнце будет светить только свободным людям, не признающим другого властелина, кроме своего разума <...>, умеющим распознать и задушить тяжестью разума первые ростки суеверий и тирании, если когда-нибудь они посмеют подняться вновь», — писал он в 1794 г.

Затем было падение. Революция обернулась своей темной стороной. Кондорсе был арестован, а на следующей день умер в тюрьме и был похоронен в общей могиле, которая впоследствии затерялась. Эпоха Просвещения уступила место эпохе Романтизма. Для многих ведущих мыслителей издержки революции дискредитировали все те прогрессивные цели, которые она перед собой ставила.

Словно для того чтобы возвысить трагедию, Кондорсе поставил под сомнение идеи Просвещения в отношении воли народа. Он показал, что система демократического голосования ведет к

парадоксам: выбор людей может выстраиваться во взаимно противоречащие друг другу и неразрешимые схемы. Математик и автор многочисленных эссе на политические темы Пьерджорджо Одифредди (Piergiorgio Odifreddi) из Туринского университета в Италии приводит пример: во время президентских выборов 1976 г. в США Джеральд Форд обеспечил себе номинацию от республиканской партии в предвыборной гонке с Рональдом Рейганом, а Джимми Картер одержал победу над Фордом на выборах. Однако опросы общественного мнения показывали, что Рейган победил бы Картера (что он и сделал в 1980 г.). Электоральные предпочтения не транзитивны: то, что избиратели предпочли Картера Форду, а Форда Рейгану, не означает, что они предпочтут Картера Рейгану. Картер победил только по той простой причине, что проводились первичные выборы. «Кого выберут, определяется только порядком, в котором вы делаете два выбора, а не электоратом», — утверждает Одифредди. Должностные лица в руководстве избирательных комитетов и законодательных собраний могут использовать эту зависимость от порядка, или не коммутативность, для того чтобы направить голосование по нужному им пути.

В 1950 г. Кеннет Эрроу (Kenneth Arrow), в то время студент Колумбийского университета, показал, что есть только один способ избежать этого парадокса — диктатура. Порядок выборов не имеет никакого значения, если один из избирателей обладает решающим голосом. Это отрезвляющее открытие помогло Эрроу получить Нобелевскую премию по экономике 1972 г. «Это утверждение — аналог теоремы Геделя, — говорит Одифредди. — Оно доказывает, что универсальной идее демократии присущи внутренние ограничения». Возможно, еще сам Гедель первым сформулировал одну из версий теоремы Эрроу: аналогичные ей идеи появляются в аргументах, которые он приводил в пользу существования бога.

### **Квантовая физика позволяет выстроить модель поведения человека, в которой иррациональность вполне укладывается в логику**

Если демократическому обществу обычно и удается избежать парадоксов Кондорсе, то лишь потому, что избиратели принадлежат одному идеологическому спектру, что придает их взглядам согласованность и взаимную непротиворечивость (см.: Дасгупта П., Маскин Э. Честные выборы // ВМН, № 6, 2004). Несмотря на то, что в западной культуре особенно ценится независимое, не идеологизированное мышление, как ни парадоксально, оно может привести к пробуксовыванию избирательной системы. В политически беспокойные времена, утверждает Одифредди, спектр перемешивается, и демократия не просто испытывает затруднения, а полностью перестает функционировать.

В тот же самый год, когда Эрроу доказал свою теорему, математики Мерил Флад (Merrill Flood) и Мелвин Дрешер (Melvin Dresher) обнаружили еще одно противоречие между индивидуальным и коллективным выбором: «дилемму заключенного». Полиция ловит двух воров и предлагает каждому из них смягчение наказания за дачу показаний против другого. Если каждый из них будет молчать, то оба останутся без наказания; если они будут «стучать» друг на друга, то оба получат срок. Принимая во внимание ослабление наказания для того, кто даст показания, оба так и поступят — но тогда оба они проиграют. Эта дилемма может служить моделью для демонстрации либеральной экономики, или экономики свободного рынка. Она камня на камне не оставляет от основного постулата неоклассической экономики, утверждающего, что отдельные личности, действуя в своих корыстных интересах, коллективно добиваются оптимального результата.

С этим связано другое разочарование — «либеральный парадокс», который экономист Амартия Сен (Amartya Sen) из Гарвардского университета сформулировал в 1970 г. Если Эрроу поставил под сомнение демократию, а Флад — рыночную экономику, то Сен разрушил миф о правах личности. Фундаментальное право заключается в том, что личность должна обладать правом вето в отношении всех решений, ее касающихся. В качестве первого примера Сен рассмотрел цензуру: решение читать или не читать книгу влияет только на самого человека и, следовательно, должно зависеть только от него. Принцип подчинения меньшинства большинству всегда находился в противоречии с правами личности: большинство может навязать свою волю меньшинству. Еще более странно то, что даже единогласно принятый закон нарушает права — другими словами, права личности могут быть поставлены под угрозу решениями, которые индивидуум безоговорочно поддерживает.

Рассмотрим совсем не гипотетический вариант примера Сена: два избирателя, «Синий» и «Красный», высказываются по поводу правительственной программы социального обеспечения. «Синий» предпочитает, чтобы они оба пользовались ее благами; если это невозможно, он хотел бы, чтобы помощь получал «Красный» как более нуждающийся. «Красный» предпочитает, чтобы помощь не получал никто; если это невозможно, помощь следует получать ему самому — дабы

уберечь «Синего» от разлагающего влияния социальной помощи. Поскольку они зашли в тупик, то должны довольствоваться вторым вариантом. Таким образом, программа навязана «Красному» и в ней отказано «Синему», поэтому ни один из них не влияет на решение, которое влияет только на них. Все эти парадоксы показывают, что некоторые споры в нашем обществе не утихают не потому, что люди непоследовательны или неблагоприятны, а потому что механизмы рационального принятия решений, призванные примирить многообразие точек зрения, наоборот усиливают конфликт.

### Потерянный парадокс

В 1950-х и 1960-х гг. математики исследовали различные пути, чтобы обойти дилемму заключенного. Одним из методов было использование условных стратегий. Вместо выбора — молчать или стучать — каждый из подозреваемых мог бы сказать допрашивающему его полицейскому: «Если мой поделщик молчит, то и я буду молчать». При правильном наборе утверждений «если — то» подозреваемый может избежать тюремного срока. Здесь критически важно, что никто не выиграет, если будет менять стратегию, поэтому разумное взвешивание собственных интересов приводит их к необходимости сотрудничать. То, что лучше для одного, лучше и для группы. Однако такая схема имеет фатальный изъян: партнеры должны согласиться на то, чтобы придерживаться стратегии условных ответов и не менять свою позицию в последнюю минуту, а также не сообщать никаких сведений. Им требуется абсолютно надежный способ действовать в унисон.

## КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Как квантовая логика придает смысл человеческой иррациональности

### ОСВОБОЖДЕНИЕ КВАНТОВЫХ ЗАКЛЮЧЕННЫХ

Именно благодаря традиционному здравому смыслу люди ведут себя иррационально. Но что значит вести себя «рационально»? Это означает просто руководствоваться принципами классической логики. Расширенное множество логических правил, впервые придуманных физиками, занимавшимися квантовой механикой, а сегодня применяемых и психологами, может придать смысл очевидной иррациональности. Хорошо известная дилемма заключенного показывает, как это возможно.

#### 1. Формулировка дилеммы заключенного

Для подозреваемых вора, Алиса и Боб, арестованы и подвергнуты допросу. Если оба они будут молчать, то их обоих отпустят. Если один из них доносит на другого, то его или ее отпустят на свободу, а другой отправится в тюрьму. Если же они оба будут доносить друг на друга, то оба окажутся за решеткой.

Дознаватель допрашивает подозреваемых, пытается настроить их друг против друга

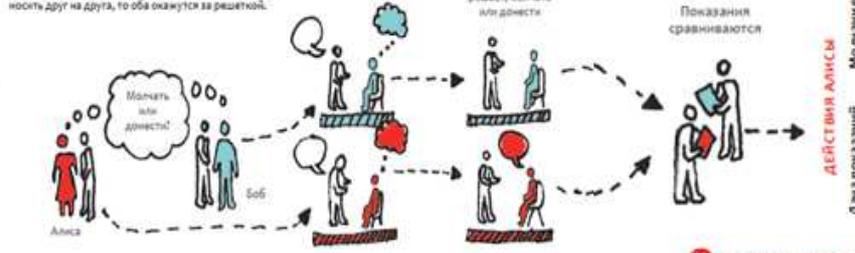
Каждый из подозреваемых решает, молчать или донести

Показания сравниваются

Они наказаны соответственно

#### ДЕЙСТВИЯ БОБА

	Молчание	Дача показаний
ДЕЙСТВИЯ АЛИСЫ Молчание	Свобода	Максимальный срок заключения
	Свобода	Свобода и вознаграждение
ДЕЙСТВИЯ АЛИСЫ Дача показаний	Свобода и вознаграждение	Стандартное заключение
	Максимальный срок заключения	Стандартное заключение



#### 2. Процесс рационального мышления

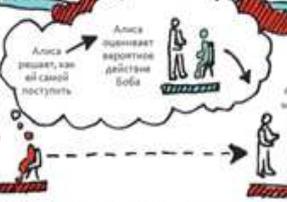
Алиса оценивает вероятное действие Боба и понимает, что как бы он ни поступил, для нее лучше донести. Боб рассуждает аналогичным образом. Результат: оба доносят и оба получают наказание. С рациональной точки зрения у них нет способа избежать такой судьбы.



Оценка		Действия	
Боб будет молчать	Донести	Донести	Донести
Боб доносит	Донести	Донести	Донести

#### 3. Процесс иррационального мышления

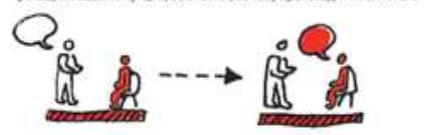
Алиса, склонная принимать решение за действительное, полагает, что если будет молчать, то и Боб непременно поступит таким же образом. То же оценивает действие Боба на основании своих собственных. Такой неопределенный оптимизм порождает ситуацию для выгодного им обоим исхода.



Предполагаемое действие		Оценка	
Веду молчать	Донесу	Боб будет молчать	Боб доносит
Донесу	Донесу	Боб будет молчать	Боб доносит

#### 4. На сцену выходит квантовое мышление

Рациональное и иррациональное мышление вступают в спор. Допозватель может повлиять на исход, формулируя у каждого из подозреваемых предельное условие о том, что будет делать другой. Если дознаватель не говорит ничего, то, согласно логике, подозреваемые должны были поступить так, как делали раньше. Но когда психологи просят испытуемых сыграть в игру, в случае неопределенности наблюдается тенденция к повышенной вероятности сохранить молчание. Квантовая модель, в которой вероятности реальных исходов считаются способом, противоречащим нашей интуиции, объясняет, почему происходит именно так.



Что говорит дознаватель	Как поступает Алиса
«Боб доносит»	Алиса доносит в 100% случаев
«Боб будет молчать»	Алиса доносит в 90% случаев (среднее между 90% и 100%)

Классическая логика: Алиса доносит в 90% случаев (среднее между 90% и 100%)  
 Квантовая логика: Алиса доносит в 60% случаев (Разные мотивы для варианта «донести» вместо того, чтобы складываться, взаимно компенсируются — как это наблюдается в квантовой модели)

Все это делает возможным квантовая физика. В 1998 г. Йенс Айзерт (Jens Eisert) и Мартин Вилкенс (Martin Wilkens), работавшие в то время в Потсдамском университете, а также Мацей Левенштайн (Maciej Lewenstein) из Ганноверского университета в Германии предположили, что пара перепутанных частиц может обеспечить такой имеющий обязательную силу контракт. Посредством подобных частиц партнеры могут координировать свои решения, не зная заранее, какими они будут, — информация, которую в противном случае они могли бы использовать,

чтобы нарушить договоренность. В 2001 г. Цзянфэн Ду (Jiangfeng Du) из Научно-технического университета Китая в Хэфэе с коллегами продемонстрировал эту схему в лаборатории. Они «перепутали» два ядра водорода и направили на них радиочастотные электромагнитные импульсы, чтобы смоделировать ситуацию математической дилеммы.

Итальянский специалист в области математической физики Гавриэль Сегре (Gavriel Segre) предположил, что аналогичный трюк поможет избежать «избирательного тупика» без необходимости объявлять кого-нибудь диктатором. Он говорит, что заинтересовался этим вопросом летом 2008 г., когда прочел интервью своего соотечественника Одифредди в газете *La Stampa*. Упомянув теорему Эрроу, Одифредди утверждал, что представительная демократия устарела. «Я был не согласен с этим и начал обдумывать способ, чтобы обойти теорему Эрроу», — говорит Сегре.

Сегре утверждает, что квантовая физика расширяет возможности голосования. Как и в случае с шредингеровским котом, гражданин может одновременно иметь два мнения, «за» и «против» — так называемую что их суперпозицию. Собранные вместе, голоса могут либо складываться, либо нивелировать друг друга. Они могут оказаться «перепутанными» друг с другом, и это будет нечто вроде договоренности между гражданами голосовать согласовано — наподобие имеющего обязательную силу договора в квантовом варианте дилеммы заключенного. В этом, отличающемся от классического, рассмотренного Эрроу, случае воля людей может быть в высшей степени последовательна.

К несчастью, доказательство Сегре очень абстрактно, и ряд экспертов в теории голосования, к которым мы обращались по поводу вышеуказанной статьи, выражают сомнения в его справедливости, не говоря уже о возможности внесения его положений в конституцию XXI в. Однако физик Артур Экерт (Artur Ekert) из Оксфордского университета и сингапурского Центра квантовой техники говорит, что идеи Сегре, возможно, приведут к интересным открытиям. Поскольку квантовая физика по своей природе имеет вероятностный характер, квантовая система голосования, возможно, позволит избежать противоречия, связанного с необходимостью абсолютного диктатора: нужен всего лишь правитель, чье мнение превалирует в среднем и время от времени может быть отвергнуто. «У нас будет диктатор, но гораздо менее властный», — утверждает Экерт.

### **Критика чистого (классического) разума**

Квантовая физика не устраняет исходные парадоксы и не предоставляет практической системы для принятия решений до тех пор, пока представители власти не дадут людям возможности нести в будку для голосования или в комнату допросов полицейского участка «перепутанные» частицы. Истинное значение этих открытий состоит в том, что квантовая физика позволяет выстроить модель поведения человека, в которой очевидная иррациональность вполне укладывается в логику.

В реальной жизни люди кооперируются гораздо чаще, чем было бы, если бы они всегда руководствовались исключительно рациональной оценкой собственной выгоды. Когда психологи просят добровольцев сыграть в дилемму заключенного, игроки иногда предпочитают молчать, несмотря на сильные побудительные мотивы к тому, чтобы донести. Если Алиса полагает, что Боб «стукнет», она, безусловно, донесет сама. Если же она полагает, что Боб будет молчать, она, возможно, донесет, а возможно, тоже будет молчать. Вероятность обычно составляет 20% случаев, но все же дает проблеск надежды в этой злонамеренной игре.

Однако абсолютно непонятно вот что: если Алиса не уверена в намерениях Боба, она с большей вероятностью станет молчать. Ни одно существо, обладающее чистым разумом, так бы не поступило. Согласно классической логике, если Алиса полагает, что с вероятностью 50/50 Боб будет молчать, она должна придерживаться среднего из двух своих тенденций и молчать в 10% всех случаев.

В квантовой логике среднее между нулем и 20 действительно может составлять 40. Алиса склонна донести, если Боб расколосся, и, возможно, донести, если Боб продолжает молчать.

Эти вероятности частично компенсируют друг друга, если она должна прокручивать обе возможности в своей голове, поэтому она сделает другой выбор и будет молчать. «Обе побудительные причины, каждая из которых хороша сама по себе, интерферируют друг с другом и таким образом делают менее вероятным то, что лицо отступится от своего сообщника», — утверждает психолог Эммануэль Потос (Emmanuel Pothos) из Лондонского городского университета.

В 2009 г. Потос и физиолог Джером Буземейер (Jerome Busemeyer) из Индианского университета в Блумингтоне придумали квантовую модель, которая воспроизводит результаты

психологического эксперимента. Лежащая в основе ее работы причина состоит в том, что у большинства людей нет неизменных предпочтений. Наши чувства двойственны и условны, они зависят от того, что думают люди вокруг нас. «Мы — очень контекстуальные создания, — говорит Буземейер. — Поэтому наша позиция не ждет, когда придут и ее измерят». Квантовая суперпозиция включает все эти смешанные чувства. Это, однако, не означает, что наш мозг — квантовый компьютер в буквальном смысле слова, как утверждают некоторые физики. Точнее будет сказать, что квантовая физика — удобная метафора текучести человеческой мысли.

В некотором смысле этот возникающий субъект квантовой теории познания возвращает квантовую физику к ее корням. В начале XX столетия Нильс Бор и другие создатели квантовой теории заимствовали идеи из психологии, например из работ Уильяма Джеймса (William James). Квантовая теория достигла своей зрелости в период, когда рационализм, который со времен эпохи Просвещения то входил в интеллектуальную моду, то выходил из нее, мало кого привлекал. Первая мировая война не добавляла оптимизма и веры в способность человека к самосовершенствованию, и теория, которая налагала ограничения на человеческое познание, апеллировала к Бору и его коллегам. Однако история интеллектуальной мысли развивается по спирали. Возрождая оптимизм в отношении человеческих знаний и поведения на новом уровне, современная квантовая физика, возможно, поможет рождению новой эпохи Просвещения и вдохнет новую жизнь в нашу бессодержательную политику.

### **Основные положения**

*Физики открыли, что квантовая механика расширяет наши возможности мыслить неожиданным образом. Известная дилемма заключенного, в которой рациональный выбор — выбор неправильный, может быть устранена с помощью квантового перепутывания. Последние (и пока не доказанные) результаты утверждают, что квантовая система голосования, возможно, поможет избежать непоследовательности обычного голосования.*

*Квантовая механика, по всей вероятности, служит лучшей моделью человеческого поведения, чем классическая, которая не в состоянии предсказать человеческое стремление сотрудничать и действовать из альтруистских побуждений. Вместо того чтобы пытаться насильно вогнать наше мышление в рамки рационального, будет лучше, если мы расширим сами рамки.*

### **Дополнительная литература**

Quantum Games and Quantum Strategies. Jens Eisert, Martin Wilkens and Maciej Lewenstein in Physical Review Letters, Vol. 83, No. 15, pages 3077–3080; October 11, 1999. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/9806088>

A Quantum Probability Explanation for Violations of “Rational” Decision Theory. Emmanuel M. Pothos and Jerome R. Busemeyer in Proceedings of the Royal Society B, Vol. 276, No. 1665, pages 2171–2178; June 22, 2009.

Does Quantum Interference Exist in Twitter? Xin Shuai, Ying Ding, Jerome Busemeyer, Yuyin Sun, Shanshan Chen and Jie Tang. <http://arxiv.org/abs/1107.0681>

Quantum Democracy Is Possible. Gavriel Segre. <http://arxiv.org/abs/0806.3667v4>

Quantum Structure in Cognition: Fundamentals and Applications. Diederik Aerts, Liane Gabora, Sandro Sozzo and Tomas Veloz. <http://arxiv.org/abs/1104.3344>

## Что желает знать наука?

**Стюарт Файрштейн (Stuart Firestein) — профессор, декан факультета биологических наук Колумбийского университета. Автор недавно вышедшей книги**

**«Незнание: как оно управляет наукой» (Ignorance: How It Drives Science).**

Под необозримой горой фактов порой могут скрываться глубинные вопросы



Большинство ученых согласятся, что в конце XVII в., когда Исаак Ньютон формулировал свои законы движения и всемирного тяготения, а также изобретал дифференциальное исчисление, он, вероятно, знал всю современную ему науку. В последующие 350 лет в области естественных наук и математики было опубликовано около 50 млн научных статей и бесчисленное количество книг. Современный школьник, возможно, обладает большим объемом знаний, чем Ньютон, однако для многих наука представляется огромной горой фактов.

Один из способов, с помощью которых ученые пытаются (с ограниченным успехом) справиться с этим нагромождением, — все

более узкая специализация. Будучи биологом, я вряд ли смогу пробиться далее двух первых предложений в какой-нибудь физической статье. Меня озадачивают даже материалы по иммунологии или цитологии — а иногда и некоторые публикации в моей собственной области, нейробиологии. Кажется, что каждый день область моей научной компетенции становится все уже. Поэтому, чтобы справиться с лавиной информации, ученые вынуждены прибегнуть к другой стратегии: в большинстве случаев мы просто ее игнорируем.

Это не должно вас удивлять. Конечно, нужно многое знать, чтобы быть ученым, но иметь богатый запас знаний — не значит быть им. Ученого делает ученым незнание. Такое утверждение может показаться нелепым, однако для исследователей факты — лишь стартовая площадка. В науке каждое открытие поднимает десять новых вопросов, как сардонически заметил Бернард Шоу, произнося тост в честь Альберта Эйнштейна.

Из этого следует, что отсутствие знаний всегда будет расти быстрее, чем знания. И ученые, и люди, не имеющие никакого отношения к науке, сойдутся на том, что все, что мы узнали, — лишь капля в море неизведанного. И, что еще важнее, с каждым днем появляется все больше того, о чем мы знаем, что не знаем. Один из ключевых продуктов научного знания заключается в выискивании новых и лучших путей незнания — не просто невежество, связанное с недостатком любознательности или образования, а сознательное, продуманное игнорирование. Это подводит к сути работы ученых: они устанавливают различия между характером незнания. Они делают это в заявках на гранты и за кружкой пива во время дружеских встреч. Джеймс Клерк Максвелл, наверное, величайший физик между Ньютоном и Эйнштейном, заметил однажды: «Совершенно сознательное незнание <...> — это прелюдия к каждому новому прорыву в науке».

Такой взгляд на науку — то, что вопросов больше, чем ответов, — должен восприниматься как своего рода утешение. Наука выглядит менее враждебной и даже напротив — более дружелюбной и забавной. Она становится набором изящных головоломок, головоломок внутри головоломок — а кто из нас их не любит? Да и вопросы более доступны, а зачастую и более интересны, чем ответы.

Ответы имеют свойство завершать процесс, тогда как вопросы погружают вас в суть вещей. Я сам не могу многого понять в иммунологии, несмотря на докторскую степень, и большинство иммунологов тоже не могут. Удивительная вещь: никто не знает абсолютно всего. Однако я могу понять основные положения иммунологии. И не притворяясь, что разбираюсь в квантовой физике, я могу осознать, откуда возникли вопросы в этой области и почему они столь основополагающие. Особая роль незнания в том, что оно дает всем ощущение равенства, — так же как бесконечность пространства уравнивает всех в размерах.

За последнее время эта сторона науки в общественном сознании была отодвинута на задний план и уступила место тому, что я называю накопительным взглядом: наука — это настолько большая куча фактов, что нельзя и помыслить о том, чтобы все их усвоить. Но если бы ученые говорили о вопросах, а не заставляли вас тарачить глаза, обрушивая лавину непонятных терминов, и если бы средства массовой информации не только сообщали о новых открытиях, но и рассказывали о тех вопросах, на которые эти открытия дали ответ, и о новых головоломках, которые они породили, и если бы преподаватели перестали тратить время на пересказ того, что уже давно доступно в «Википедии», то тогда, возможно, мы смогли бы вновь найти людей, увлеченных этим великим приключением, которое продолжается на протяжении вот уже 15 поколений.

Поэтому если вы встретите ученого, не спрашивайте его, что он знает, спросите, что он хочет узнать. Это будет гораздо более содержательная беседа для вас обоих.

**Перевод: С.А. Кузнецов**

## Эмбриональные стволовые клетки человека

Сергей Львович Киселев, проф., д.б.н. зав. лаб. молекулярной генетики рака Ин-та биологии гена РАН.  
Мария Андреевна Лагарькова, к.б.н., -рук. группы биологии стволовых клеток в том же институте.

Пожалуй, самым молодым направлением современной медицины можно считать клеточные технологии, в которых клетки служат источником тех или иных необходимых факторов, например опухолевых антигенов при вакцинотерапии. Но использовать клетку можно не только как источник каких-либо субстанций, но и для регенеративной медицины. Здесь особый интерес вызывают технологии, основанные на стволовых клетках. Способность к неограниченному делению и к преобразованию в разные типы клеток (так называемая плюрипотентность) делает их идеальным материалом для трансплантационных методов терапии. Наиболее доступными считаются стволовые клетки взрослого организма. Однако реальный потенциал их дифференцировки еще слабо изучен.

Чрезвычайно привлекательны в этом отношении эмбриональные стволовые клетки (ЭСК) человека: из них можно получать любые типы клеток организма. Но многие свойства и клеточные механизмы, связанные с наличием у клетки так называемой «стволовости», ставят ее очень близко к трансформированной, раковой клетке. Именно поэтому так важно сегодня изучать характеристики самих эмбриональных клеток. За восемь лет, прошедших с момента получения первых линий ЭСК человека, удалось выяснить лишь небольшую часть механизмов, обеспечивающих в культуре самоподдержание недифференцированных клеток или их дифференцировку.

Еще недавно количество линий ЭСК человека, доступных для изучения, было невелико. В настоящее время их стало гораздо больше, но методологические трудности и высокая стоимость работы с ними еще ограничивают круг исследователей. Не меньшие ограничения на исследования в области эмбриональных клеток человека накладывает этическая сторона. Несмотря на дебаты об этичности или неэтичности работы с ЭСК человека, очевидно, что вопрос уже не в том, проводить ли исследования в области ЭСК человека, а в том, как будут проводиться исследования в этой области. За последние два года в большом числе стран уже были приняты законы, разрешающие исследования эмбриональных стволовых клеток человека.

Эмбриональные стволовые клетки получают из внутренней клеточной массы бластоцисты на самых ранних стадиях развития эмбриона, когда она еще не имплантировалась в стенку матки. Именно из клеток внутренней клеточной массы в дальнейшем развивается целый организм. Довольно часто, особенно в русскоязычной литературе, эмбриональными стволовыми клетками называют клетки постимплантационного эмбриона различных сроков развития беременности, которые по своим свойствам скорее схожи с взрослыми стволовыми клетками. Мы же будем говорить только об истинных эмбриональных стволовых клетках, происходящих из бластоцисты, - на той стадии, когда эмбрион состоит из 150-200 клеток трофобласты и внутренней клеточной массы примерно в равном соотношении.

### Стабильные линии

Стабильные клеточные линии ЭСК человека впервые получил американский исследователь Дж.Томсон в 1998 г. [1]. Этому достижению предшествовали работы М.Эванса и М.Кауфмана. В 1981 г. они впервые показали принципиальную возможность получения стабильных культур клеток млекопитающих, обладающих свойством плюрипотентности. Линии ЭСК мыши оставались в культуре *in vitro* в недифференцированном состоянии на протяжении более сотни удвоений, а потом *in vivo* могли участвовать в формировании специальных тканей животного. В 1995 г. Томсон с коллегами, модифицировав технологию выделения мышинных клеток, получил линию ЭСК приматов, а в 1998 г. - и линию клеток человека.

Для получения стабильных линий ЭСК человека берут невостребованные после искусственного оплодотворения бластоцисты человека. Обычно после такой процедуры количество бластоцист больше, чем необходимо реципиенту. Их можно заморозить, уничтожить либо с согласия доноров использовать для научных целей. Лучше всего выделять эмбриональные клетки человека на 4-6-й день после оплодотворения. Сначала с помощью фермента проназы растворяют прозрачную оболочку бластоцисты, а затем методом комплемент-зависимого лизиса удаляют трофобласты. Внутреннюю клеточную массу помещают в культуральную среду на подложку из инактивированных мышинных эмбриональных фибробластов, которые служат источником ростовых факторов. Пересаживая клетки, можно получить клеточную линию, способную к практически неограниченному делению. Сегодня в лабораториях мира выделено около 150

линий ЭСК. В нашей стране эмбриональные стволовые клетки получены в 2003 г. в Институте биологии гена РАН и в Институте цитологии РАН.

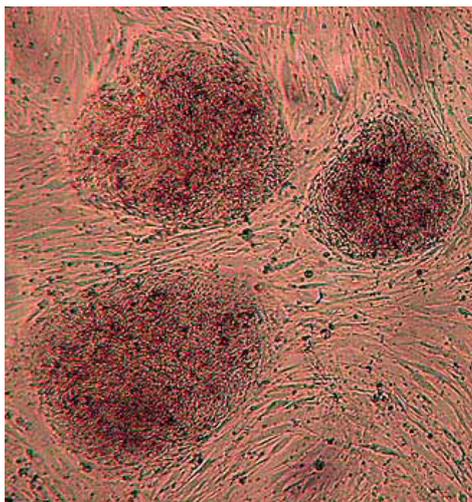


Рис. 1. Три колонии ЭСК человека. В отличие от ЭСК мыши, человеческие клетки очень плохо растут в виде одиночных клеток, а выживают только в колонии. Увел. 100. Здесь и далее фото авторов

Эмбриональные стволовые клетки растут плотными колониями клеток на подложке из митотически инактивированных эмбриональных фибробластов мыши (рис.1). Успешность получения линий ЭСК человека довольно высока при использовании морфологически нормальных бластоцист с видимой внутренней клеточной массой, почти половина которых может дать кариотипически нормальные клетки. Эти результаты соответствуют уровню имплантации эмбрионов после пересадки реципиентам. Нарастивать клеточную массу довольно сложно. Мышиные клетки прекрасно растут после ферментативной обработки до единичных клеток, но клетки

человека, лишенные межклеточных контактов, обычно гибнут. Поэтому их разделяют до отдельных фрагментов по 50-500 клеток (либо ферментативной обработкой, либо механически, разрезая на кусочки микроинструментами).

Манипуляции с ооцитами *in vitro* позволяют получать линии ЭСК человека с заданным генотипом и, соответственно, иммунологически совместимые с потенциальным донором. Здесь возможно несколько подходов: перенос ядер соматических клеток, партеногенез или слияние клеток. Перенос ядер соматических клеток довольно часто не совсем корректно называют клонированием. В последние месяцы 2005 г. развернулась детективная история вокруг работ ученых из Сеульского национального университета под руководством В.Хванга. В 2004-2005 гг. в журнале «Science» они опубликовали две работы с описанием методики получения линии ЭСК человека из внутренней клеточной массы, полученной после пересадки ядра соматической клетки в ооцит. К сожалению, работы оказались грандиозной фальсификацией, причины которой до сих пор не выяснены. Не исключено, что все могло быть заранее организовано третьими лицами в коммерческих либо политических целях. Однако эти события не только не снизили интерес к проблеме, но и активизировали работы в этом направлении.

### Основные характеристики

Как и все клеточные культуры, эмбриональные стволовые клетки нуждаются в четкой характеристике [2]. Самое простое - это внешнее описание, но оно дает весьма ограниченную информацию о свойствах клеток. В последнее время принято различать клетки по поверхностным антигенам, которые более полно описывают тот или иной тип. Эмбриональные стволовые клетки человека имеют поверхностные иммунологические маркеры, например: SSEA-3, SSEA-4 - антигенные детерминаты (эпитопы) гликолипидов и TRA-1-60, TRA-1-81 - разные эпитопы одного протеогликана клеточной поверхности.

Наличие набора определенных маркеров говорит о принадлежности клеток к ЭСК человека, но не об их способности к длительной пролиферации. Она определяется активностью фермента теломеразы и длиной теломерных повторов. У соматических клеток с ограниченным числом делений длина теломер мала, а теломеразная активность обычно очень невысока. Напротив, у опухолевых клеток активность фермента остается очень высокой, а длина теломерных повторов сохраняется. Этим же свойством обладают и эмбриональные стволовые клетки.

И иммунологические маркеры ЭСК, и высокая теломеразная активность присущи трансформированным клеткам, т.е. клеткам, в которых произошли генетические изменения. Значит, для точной характеристики линий ЭСК человека обязателен анализ кариотипа. Нормальный набор хромосом и отсутствие хромосомных аномалий - это признаки нормального кариотипа, который, однако, в процессе культивирования клеток может быть нарушен. Так, при длительном культивировании (примерно через два года) мы отметили существенное изменение в скорости роста клеток, а также в их способности к дифференцировке. Кариотипический анализ показал нарушения в хромосоме 18 и тенденцию к нестабильности кариотипа. Не исключено, что это и стало причиной аномального поведения клеток в культуре. Впоследствии мы не раз обнаруживали субклоны других линий ЭСК с различными хромосомными абберациями. Совсем

недавно появилась публикация, подтверждающая наши наблюдения. Следовательно, при длительном культивировании ЭСК человека необходим строгий контроль их кариотипа.

### **Молекулярно-генетические механизмы самоподдержания**

Одно из замечательных свойств эмбриональных стволовых клеток - их способность сохранять плюрипотентность в культуре. На мышинных клетках это легко проверить экспериментально: из одной клетки, культивируемой *in vitro*, можно воссоздать целый организм. Именно так получают животных с генетическим «нокаутом». Суть технологии заключается в том, что генетически модифицированные *in vitro* эмбриональные клетки мыши вводят в бластоцисту, которую имплантируют псевдобеременной мышке. В результате рождаются так называемые химерные мыши, у которых часть клеток - от бластоцисты реципиента, а часть генетически модифицирована. Если такие клетки попадут в зародышевый путь, во втором поколении можно получить животное, все клетки которого будут потомками одной генетически модифицированной эмбриональной клетки.

Эта технология не только позволяет «выключать» определенные гены в строго детерминированных тканях, но «включать» дефектные, создавая модельные системы заболеваний. По понятным причинам такая процедура с клетками человека невозможна. Здесь для проверки плюрипотентности эмбриональные клетки человека вводят иммунодефицитным мышам. В результате у животных формируются доброкачественные опухоли - тератомы, в которых можно обнаружить несколько видов сформировавшихся тканей [3]. Однако для постоянного мониторинга состояния ЭСК и для обеспечения оптимальных условий культивирования такой метод представляется нерациональным. Здесь очень важно выяснить молекулярные механизмы, определяющие специфику эмбриональных стволовых клеток, а именно их способность оставаться в культуре в недифференцированном состоянии. Некоторые механизмы - общие для ЭСК мыши и человека, а некоторые - различны.

В самоподдержании ЭСК участвует транскрипционный фактор OCT4, который проявляется с восьмиклеточной стадии эмбриона мыши. Он необходим для формирования внутренней клеточной массы бластоцист (в клетках трофобласты он отсутствует). Соответствующая активность гена *oct4* поддерживает недифференцированное состояние эмбриональных клеток, а ее повышение или отсутствие вызывает их преобразование в клетки энтодермы и мезодермы или трофобласта соответственно [4]. В клетках соматических тканей экспрессия гена *oct4*, характерная для ЭСК человека, не обнаружена, хотя в последнее время появились сообщения о его низкой активности в стволовых клетках взрослого организма. Даже в начале дифференцировки ЭСК в эмбрионидные тельца активность гена *oct4* снижается.

В поддержании плюрипотентности ЭСК мыши и человека участвует также гомеобоксный транскрипционный фактор NANOG. Если ген *nanog* заблокирован, эмбриональные клетки превращаются в примитивную энтодерму. В отсутствие ростового фактора LIF повышенная активность гена *nanog* обеспечивает плюрипотентное состояние ЭСК мыши. Подобно гену *oct4*, в клетках соматических тканей ген *nanog* не проявляется, за исключением fetalного мозга, репродуктивных органов (семенников и яичников) и клеток эмбриональной карциномы. По мере спонтанной дифференцировки ЭСК человека в эмбрионидные тельца активность гена *nanog* снижается.

Кроме генетических механизмов, судьбу клетки определяют и так называемые эпигенетические механизмы (т.е. наследуемые клеткой изменения в функционировании генов, не связанные с изменением последовательности ДНК). Ярким примером их действия может служить инактивация одной из X-хромосом в женских XX-клетках. Эпигенетические механизмы играют существенную роль в процессах раннего эмбрионального развития, контролируя работу генов. Эпигенетическая модификация регуляторных районов генов обеспечивает выключение их функций на последующих этапах развития. Это чрезвычайно важно, поскольку несвоевременная либо нескоординированная работа генов может приводить к гибели клеток или к их трансформации. Например, регуляторный район гена *oct4* эпигенетически модифицирован практически во всех клетках взрослого организма. Такое изменение и составляет одну из основных проблем переноса ядер соматических клеток взрослого организма в ооцит. В нашей лаборатории показано, что и регуляторный район гена *nanog* в клетках взрослого организма эпигенетически модифицирован, что еще больше усложняет перенос ядер.

Современные методы анализа, такие как микрочипы, позволяют достаточно быстро определять активность нескольких тысяч генов, что создает более точную картину молекулярно-генетического состояния клетки. Это особенно важно для длительно культивируемых клеток, предназначенных для терапии.

Говоря о поддержании плюрипотентности эмбриональных стволовых клеток млекопитающих, нельзя не отметить роль внешних ростовых факторов, в том числе и фибробластов в качестве подложки-фидера (от англ. *feed* - кормление, питание). Первые клеточные линии ЭСК мыши и человека получали с использованием первичных мышечных эмбриональных фибробластов, обеспечивающих не только лучший рост клеток, но и их недифференцированное состояние. Позднее их заменили бессмертной клеточной линией. Однако считается, что эти клеточные линии нельзя применять в регенеративной медицине или генной терапии, поскольку от мышечных клеток возможен перенос патогенных микроорганизмов и вирусов. Кроме этого, клетки человека начинают представлять мышечные антигены, что может вызвать отторжение трансплантата. Сегодня для культивирования линий ЭСК человека иногда используются фибробласты крайней плоти человека. В литературе появились отдельные публикации о получении таких линий и в бесфидерных условиях.

### **Дифференцировка *in vitro***

*In vitro* спонтанная дифференцировка ЭСК происходит при длительном культивировании прикрепленных колоний и в суспензии по мере роста эмбриоидных тел, которые до некоторой степени служат моделью ранних событий эмбриогенеза. В случае мышечных ЭСК эмбриоидные тельца получаются агрегированием отдельных клеток или групп клеток в сферические структуры. В отличие от мышечных клеток, не все линии человека легко образуют эмбриоидные тельца, и никогда из одиночных клеток. В эмбриоидных тельцах короткого культивирования наблюдаются группы клеток, несущие маркеры, специфические для всех трех зародышевых листков (рис.2), но дальше развитие останавливается. Сегодня четкого ответа о причинах торможения органогенеза нет; вероятнее всего, для этого нужна поляризация эмбриона, диктуемая извне.

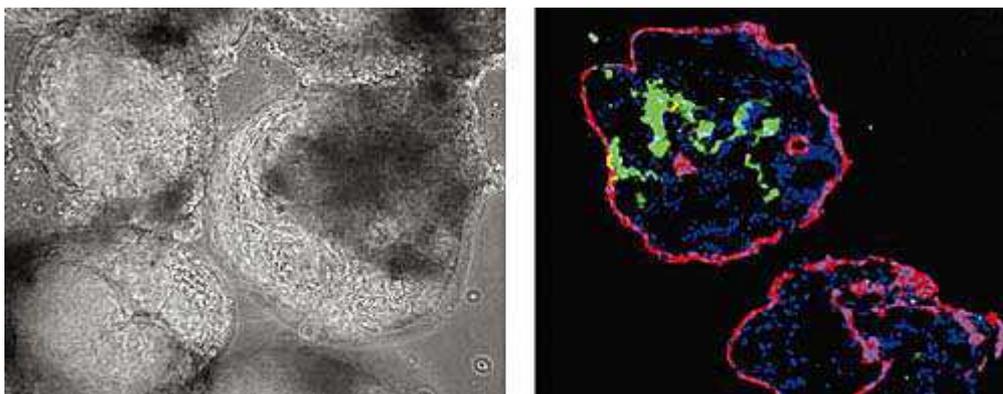


Рис. 2. Эмбриоидные тельца, сформированные ЭСК человека.

По мере созревания внутри плотных клеточных шариков появляются полости, и через некоторое время эмбриоидное тельце превращается в сферу. Справа показано иммуногистохимическое окрашивание срезов эмбриоидных тел антителами к клеткам эпителия (красный), мезодермальным клеткам (зеленый), синим окрашены ядра клеток. Увел. 50.

Эмбриональные стволовые клетки *in vitro* способны преобразоваться в различные клетки, имеющие специфические маркеры нейронов и глии, эндотелия, кератиноцитов, трофобластов, кардиомиоцитов, остеобластов, клеток крови, гепатоцитов, инсулин-продуцирующих клеток и некоторых других [2]. Однако функциональность большинства носителей маркеров еще мало доказана.

В 2001 г. впервые описали дифференцировку ЭСК человека в нейроны и астроциты [5]. Клетки нейроэктодермы, формирующиеся в эмбриоидных тельцах, механически извлекали, помещали в соответствующие условия культивирования (факторы, обеспечивающие пролиферацию клеток), где формировались нейросферы. Нейральные предшественники после пересадки в мозг новорожденных мышей могли образовывать три типа нейральных клеток и не давали тератом.

С тех пор сделано очень много. Найдены факторы, увеличивающие количество нейральных предшественников (ретиноевая кислота, блокатор сигнального пути BMP и др.); показана дифференцировка функциональных нейрональных клеток определенной специализации (например, дофаминергических нейронов). Недавно получены данные о возможности длительного (более 100 пассажей) культивирования нейроэктодермальных предшественников в бессывороточной среде в присутствии ростовых факторов.

Нейрональные предшественники получают через стадию эмбриоидных тел или напрямую из недифференцированных колоний линий ЭСК человека. Нейрональные предшественники можно культивировать в суспензии до 25 пассажей в виде нейросфер в присутствии эпидермального фактора роста и фактора роста фибробластов. При переводе нейросфер на культуральный

пластик, покрытый компонентами внеклеточного матрикса, они прикрепляются и преобразуются в нейроны и астроциты. При добавлении в среду трийодтиронина и определенных ростовых факторов в нейросферах появляются предшественники олигодендроцитов. Вероятно, именно олигодендроциты и будут первыми клетками, полученными из ЭСК человека, которые пройдут апробацию при клинических испытаниях лечения травмы спинного мозга. Эти клетки, секретирующие основной белок миелина, необходимы для восстановления поврежденного участка нервной ткани спинного мозга. В США эти испытания планируют начать уже в 2006 г.

Спонтанную дифференцировку ЭСК в кератиноциты из эмбрионидных телец описали в 2003 г. Авторы отметили изменения активности трех маркеров, характерных для формирующихся кератиноцитов (рб3, кератин 14, инволюкрин).

Эмбриональные клетки мышцы легко дифференцируются в кардиомиоциты. Всего через несколько дней после удаления питательного слоя и фактора LIF, поддерживающего недифференцированное состояние клеток, на культуральных чашках образуются сокращающиеся колонии клеток. В определенных условиях они имеют электрофизиологию нормальных взрослых кардиомиоцитов и, более того, могут функционально интегрироваться в мышцу миокарда. В отличие от мышечных клеток, спонтанная дифференцировка клеток человека наблюдается у разных линий ЭСК - от сокращающихся участков в 70% эмбрионидных телец до полного отсутствия дифференцировки. Предшественники кардиомиоцитов, полученные из ЭСК человека, синтезируют транскрипционные факторы Nkx 2.5, GATA4, а затем и специфические маркеры кардиомиоцитов (тропонин 1 и тяжелую цепь  $\alpha$ -миозина). Мы наблюдали спонтанную дифференцировку ЭСК в кардиомиоциты в двух линиях из трех, причем сокращающиеся участки отмечались в очень небольшом проценте эмбрионидных телец.

Клетки гемопоэтического ряда впервые получили при совместном культивировании ЭСК человека с линиями стромальных фибробластов, а также используя факторы роста гемопоэтических клеток. В эмбрионидных тельцах обнаружена также популяция клеток, обладающих свойствами предшественников гемопоэтических клеток и эндотелиальных (гемангиобласт).

В нашей лаборатории ведутся работы по прямой (т.е. минуя стадию эмбрионидных телец) дифференцировке ЭСК человека в клетки эндотелия и разрабатываются методы их селекции. Используя коллагены в качестве матрикса, специальную среду и ростовые факторы, мы получили клеточные популяции, в которых эндотелиальные клетки составляют около 50%. На коллагеновом матриксе они образуют капиллярноподобные структуры, несущие специфические маркеры сосудистого эндотелия (рис.3). Мы успешно применяли метод иммуномагнитной селекции CD31-положительных эндотелиальных предшественников на ранних (4-5-й день) этапах дифференцировки, поскольку на поздних этапах межклеточные контакты в капиллярноподобных структурах с трудом поддаются энзиматическому расщеплению и клетки теряют жизнеспособность. В результате селекции нам удавалось выделить гомогенную популяцию эндотелиальных клеток, *in vitro* формирующих капиллярноподобные структуры.

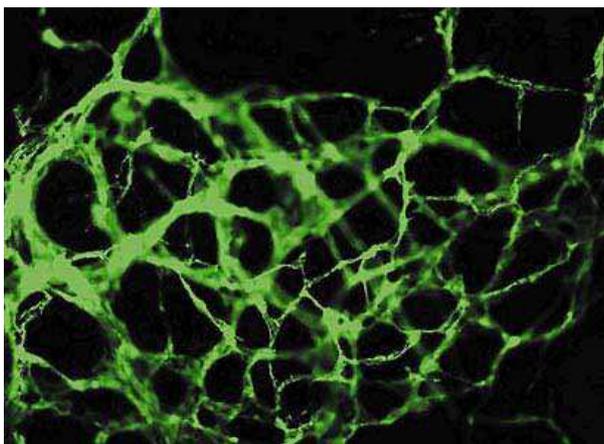


Рис. 3. Эндотелиальная сеть, образованная *in vitro* чистой выделенной популяцией клеток эндотелия, полученных методом иммуномагнитной сепарации из ЭСК человека (окрашена на маркер CD31). Увел. 200.

Труднее всего оказалось с производными энтодермы. Несмотря на опубликованные сообщения о дифференцировке ЭСК человека в инсулин-секретирующие клетки и гепатоциты, их функциональность не показана. Более того, по белковым и генетическим маркерам они не полностью совпадают с зрелыми инсулин-секретирующими клетками или гепатоцитами. Пока неизвестны факторы, определяющие

преобразование в энтодерму, и маркеры ранней энтодермальной дифференцировки.

Итак, сегодня ясно, что для наработки массы клеток разных типов уже имеется разработанная модель дифференцировки, которая должна соответствовать определенным требованиям:

- эмбриональные стволовые клетки нужно культивировать в стандартизованных условиях с отработкой генетических манипуляций и соблюдением технологии клонального роста;
- индуцированную дифференцировку необходимо вести преимущественно к желаемому клеточному фенотипу и иметь возможность селекции нужных популяций клеток;

- все этапы дифференцировки должны быть воспроизводимы и контролируемы, а действие факторов, ее индуцирующих, хорошо известно;
- желательно также избегать многокомпонентных нестандартизованных факторов, таких как сыворотка, кондиционированная среда, клеточные экстракты и т.д.

Таковы научно-технологические аспекты разработки клеточных технологий на основе ЭСК человека. Одновременно с этим существует целый ряд этических проблем, связанных с исследованием и применением человеческих ЭСК.

Вокруг линий ЭСК человека продолжаются бесконечные дебаты, касающиеся моральной стороны проблемы, а именно возможного использования неостребованных бластоцист для выделения ЭСК. Ответа на этот вопрос до сих пор нет. Здесь хочется привести высказывание известного ученого в области раннего эмбрионального развития профессора В.Рейка: «Пока с помощью этой технологии кого-нибудь не спасут, разговоры об этичности и запреты на исследования не прекратятся».

Стремительное развитие исследований в области стволовых клеток человека стимулировало штат Калифорния принять Предложение 71 о выделении 3 млрд долл. на 10 лет для получения новых клеточных линий ЭСК. В мае 2005 г. Национальная академия наук США призвала к добровольному принятию этических правил в области исследования ЭСК человека. Эти правила касаются информированного согласия доноров, запрещения оплаты донорского материала, работы банков ЭСК, создания наблюдательных комитетов. Все 23 предложенных правила приняты к исполнению академическими и научными организациями штата Калифорния, вовлеченными в работу с ЭСК человека. Чуть позже FDA (Food and Drug Administration) издала инструкцию по скринингу и тестированию доноров человеческих клеток, тканей и продуктов, основанных на клетках. В некоторых странах Европейского сообщества в течение 2004-2005 гг. принят ряд законов, разрешающих исследования в области ЭСК человека.

Уже активно обсуждаются правила проведения первой фазы клинических испытаний на основе клеток, полученных из ЭСК человека. При этом преследуется основная цель - не навредить будущему реципиенту, поскольку эти трансплантаты существенно отличаются от традиционных. Во-первых, значительный период проходит между получением биологического материала и его применением. За это время могут обнаружиться новые заболевания доноров или те, которые не смогли определить при получении биологического материала. Кроме инфекционных, с течением времени у доноров клеточного материала могут проявиться генетические заболевания, в том числе такие, как наследственная предрасположенность к раку. Более того, применение иммуносупрессоров при трансплантации реципиентам аллогенного материала повышает риск онкологических и инфекционных заболеваний. И, наконец, если пересадка материала, полученного на основе ЭСК человека, окажется эффективной, то материал единичных линий будет применяться для большого количества пациентов. Поэтому одной из основных этических проблем, ожидающих клеточную терапию на основе ЭСК человека, будет проблема повторного контакта и обследования доноров биологического материала. Таким образом, развитие клеточных технологий на основе аллогенного материала, в том числе и ЭСК, приводит к новым вопросам этического характера, разрешить которые необходимо до начала клинических испытаний.

Итак, сегодня рано говорить о применении клеточных имплантатов, полученных на основе ЭСК человека. Остается слишком много нерешенных задач, главные из которых заключаются в безопасности использования таких имплантатов. Их реальную эффективность и безопасность можно будет оценить лишь после проведения длительных и тщательных клинических испытаний. Тем не менее, по оценке многих зарубежных консалтинговых компаний, технологии на основе ЭСК будут применяться в клинике уже на рубеже 2012-2015 гг.

#### *Литература*

1. Thomson J.A., Itskovitz-Eldor J., Shapiro S.S. et al. // Science. 1998. V.282. №5391. P.1145-1147.
2. Pera M.F., Trounson A.O. // Development. 2004. V.131. №22. P.515-525.
3. Reubinoff B.E., Pera M.F., Fong C.Y. et al. // Nat. Biotechnol. 2000. V.18. №4. P.399-400.
4. Niwa H., Miyazaki J., Smith A.G. // Nat. Genet. 2000. V.24. №4. P.328-330.
5. Reubinoff B.E., Itsykson P., Turetsky T. et al. // Nat. Biotechnol. 2001. V.19. №12. P.1134-1140.

**интервью с С.Л. КИСЕЛЕВЫМ (кор. Надежда СТАУРИНА)**

**— Сергей Львович, вы один из первых в России, кто начал работать над получением так называемых индуцированных плюрипотентных стволовых клеток (іps-клеток) из специализированных соматических. Могли бы и ваши исследования претендовать на высокую международную награду?**

— Наша лаборатория начала работать со стволовыми клетками и, в частности, с плюрипотентными стволовыми клетками человека, как царицами всех стволовых клеток, в начале двухтысячных. На тот момент не только в России, но и в мире с ними практически никто не экспериментировал.

Поскольку в то время в США работы с эмбриональными стволовыми клетками были существенно ограничены, то мы имели потенциальное преимущество в развитии этого направления, и если бы эти исследования сознательно продвигали, нормально финансировали, то мы реально могли быть лидерами в данной области биологии. А сейчас поздно говорить о первенстве: подобные исследования активизировались во всем мире.

Яманаки опубликовал свою работу, посвященную методике получения іps-клеток, в конце 2006 г., а летом 2007-го на конференции Международного общества по изучению стволовых клеток в Австралии, где и мы присутствовали, он сделал доклад на эту тему. Я считаю, он бы вряд ли добился успеха, если бы в качестве векторов для доставки необходимых генов в ядро клетки не использовал ретровирусы. Сначала это считалось большим недостатком его технологии, поскольку вирусы могут интегрировать в геном и исказить работу других генов. Поэтому искали иные интеграционные методы, один из них предложили и мы, но у всех этих методов была чрезвычайно низкая эффективность. А оказалось, что ретровирусы активизируют определенные каскады событий, что облегчает репрограммирование.

Наша лаборатория первой в России начала работы с іps-клетками в 2008 г. В общую копилку этого направления биологии мы привнесли свои методы невирусного репрограммирования, а также репрограммирования эпигенома, на эти работы ссылается и Яманаки. Нынешняя Нобелевская премия по физиологии и медицине присуждена за так называемую технологию репрограммирования. Одну часть премии дали британцу Гердону за клонирование, а вторую японцу Яманаки за репрограммирование клеток другим способом, путем получения іps-клеток. Ведь клонирование — это тоже репрограммирование, только при клонировании в качестве репрограммирующих агентов используется цитоплазма яйцеклетки, куда вносится генетический материал (ядро) взрослой клетки.

**— Вы упомянули малоизвестное пока слово «эпигеном»...**

— Эпигенетика — это направление генетики, в рамках которого изучаются изменения в работе (экспрессии) генов, вызванные внешними (эпи — по-гречески «внешний») причинами и не затрагивающие структуру ДНК. Наследование признаков, не связанное с изменением структуры гена, называется эпигенетикой. На эпигенетику влияет и окружающая среда. Поэтому, когда организм развивается заново (при клонировании), то и эпигенетика будет новой в новом организме. И здесь применима старая истина: нельзя войти дважды в одну реку. Поэтому, несмотря на одну и ту же генетику, клон может не получиться идентичным тому существу, от которого взяли клетку.

При осуществлении клонирования немаловажно, что ядро, пересаженное из соматической клетки организма в яйцеклетку, лишенную ядра, не попадает точно в то же место, т.е. окружение ядра уже отлично от естественного, и здесь тоже начинают проявляться законы эпигенетики. Этим же объясняется и появление клонированных животных с дефектами, с дефектами появился бы, наверное, и человек.

**— Но для терапевтического клонирования и не нужно получать целый организм.**

— Действительно, из эмбриональных стволовых клеток, полученных в ходе клонирования, в лабораторных условиях можно вырастить достаточно большое количество специализированных типов клеток. И они как раз будут совместимы с организмом того человека, чей генетический материал, то есть ядро соматической клетки, пересадили в яйцеклетку, и которому будет нужна та или иная ткань. Технических проблем для такой манипуляции сейчас нет, во всем мире существует донорство яйцеклеток, но эффективность клонирования составляет не более 1%. Таким образом, чтобы получить одну клонированную линию эмбриональных стволовых клеток, нужно иметь в запасе 100 яйцеклеток. Мы не имеем такого количества женщин-доноров, чтобы обеспечить эмбриональными стволовыми клетками, полученными методом клонирования, даже очень ограниченное число больных.

Поэтому давно стояла задача каким-то другим способом, исключая клонирование, получить эти замечательные плюрипотентные стволовые клетки, причем персональные для каждого больного.

**— Итак, мы подошли непосредственно к рассказу о тех самых *ips*-клетках, за которые и получил Нобелевскую премию японский ученый.**

— Первое репрограммирование клеток с помощью генетических факторов было проведено в 1987 году, когда из клеток кожи сделали мышечные клетки. Исследователи ввели в фибробласты кожи ген, который определяет развитие клетки мышцы — можно назвать его «ген-господин», и таким образом перепрограммировали клетку. Поэтому собственно заслуга Яманаки и его достижение заключаются в том, что он первый сделал эту же манипуляцию с геном, определяющим плюрипотентность. И у него это получилось!

Он оперировал всего четырьмя генами, два из которых действительно очень важны для поддержания плюрипотентности, — это ген Oct 4 и Sox 2. Без них эмбриональные стволовые клетки существовать не могут.

Но для повышения эффективности процесса репрограммирования необходимы и некоторые другие, вспомогательные, гены. Не являясь геном-господином, как Oct 4, каждый из них тем не менее играет важную роль. Один предотвращает клеточную гибель, другой стимулирует клеточное деление.

Однако надо помнить, что в ядре любой клетки данного организма — эмбриональной плюрипотентной, клетке кожи, волоса и так далее — заложен один и тот же геном, то есть гены в них одинаковые, одинаковая последовательность нуклеотидов в нитке ДНК, а работают эти клетки по-разному. Эта разная работа определяется эпигенетическими факторами, то есть тем, как эта нить ДНК свернута. А упакована она в ядре каждой клетки таким образом, чтобы гены, определяющие тип клетки, находились снаружи и были более доступны физически и химически.

То есть для изменения типа клетки, для ее репрограммирования, причем без изменения последовательности ДНК, нужно «переупаковать» нити ДНК, чтобы заработали принципиально другие гены, то есть другие гены стали «генами-господинами» клетки.

Но переустройство ядерного, геномного пространства хромосом не проходит без последствий для клетки. Как правило, клетка умирает. Поэтому нужны гены, которые бы помогли клетке пережить эксперимент над ней и предотвратить ее гибель.

С другой стороны, необходимо, чтобы стало больше тех клеток, которые пережили реорганизацию и не умерли, для этого вводится ген, стимулирующий пролиферацию, то есть клеточное деление.

В настоящее время известно около 50 генов, которые связаны с плюрипотентным состоянием, но только один из них — Oct 4 — оказался всемогущим и может запустить процесс превращения специализированной клетки в плюрипотентную. Пробовали другие комбинации генов, но Яманаки повезло, и предложенная им комбинация на сегодняшний день остается наиболее оптимальной и эффективной.

**— Значит, можно сказать, что *ips*-клетки — это аналоги эмбриональных?**

— Да, они также специализируются по типам клеток организма, и если взять *ips*-клетки и ввести в бластоцисту, то из них разовьется нормальный целый организм. По этому пути можно пойти, чтобы сохранить редкие и даже исчезнувшие породы животных, используя близкородственные виды животных как доноров яйцеклеток и суррогатных матерей.

**— Что можно ждать от применения этих клеток в медицине уже в ближайшем будущем?**

— Главный результат — возможность получения определенных типов клеток или тканей для заместительной терапии, причем, что очень важно, для любого организма при его жизни, что снимает вопрос совместимости. Нынешние технологии позволяют получать нейроны, клетки сердечной мышцы, кишечника, сетчатки глаза, крови, кожи и так далее.

## МИРЫ С ДВУМЯ СОЛНЦАМИ

**Лоренс Дойл**— астрофизик Института SETI в Маунтин-Вью, штат Калифорния.  
**Уильям Уэлш**— профессор астрономии Калифорнийского университета в Сан-Диего.

*Астрономы открывают далекие планеты, которые обращаются по орбите вокруг системы двух звезд, — странные и загадочные миры, не похожие ни на что в нашей Солнечной системе*

Как ни прекрасны закаты на Земле, но представьте, насколько изумительно выглядит двойной закат разноцветных солнц, отбрасывающих движущиеся красные и оранжевые тени. В течение многих лет нас обоих интересовало, действительно ли в окрестности двойных звезд могут существовать планеты. И правда ли, что на самом деле существуют миры вроде фантастической планеты Татуин из «Звездных войн», на которой небосвод залит сиянием двух различных солнц?

У астрономов были причины полагать, что такие системы действительно есть, однако некоторые теоретики были с этим не согласны. Условия в окрестности пары звезд, убеждали они, слишком хаотичны для того, чтобы там могли образоваться планеты. В отличие от тел, обращающихся вокруг одиночной звезды, планета, движущаяся вокруг пары звезд, вынуждена иметь дело с двумя гравитационными полями. А поскольку сами звезды обращаются друг вокруг друга, величина результирующей гравитационной силы будет постоянно изменяться. Даже если бы планете и удалось сформироваться в таких нестационарных условиях, ее долговременная стабильность не была бы гарантирована: планета, вероятно, оказалась бы выброшенной далеко в космос или врезалась бы в одну из звезд. Наблюдения двойных звезд порой намекали на присутствие рядом с ними планет, но прямых доказательств получить не удавалось.

В марте 2009 г. двадцатилетние усилия Уильяма Боруцки (William Borucki) и его сотрудников заполнить космический телескоп, способный охотиться за экзопланетами, наконец увенчались успехом. Работа космической обсерватории NASA «Кеплер» дала прекрасные результаты, позволив за короткое время открыть сотни, а затем и тысячи возможных планет методом прохождения, или транзита, состоящим в том, что телескоп ищет мини-затмение, которое наблюдается, когда планета проходит на фоне звездного диска, блокируя часть его света. Однако после двух лет наблюдений ни у одной двойной звезды планета не обнаружилась. Нам было от чего приуныть. Весной 2011 г., в который раз обсуждая по телефону данные с «Кеплера», один из нас попытался мрачно пошутить: «Может быть, нам следует написать статью о том, почему они не существуют?». Ответом было молчание.

Но наши страхи оказались напрасными. Не прошло и шести месяцев после этого разговора, как мы устроили пресс-конференцию, на которой объявили о первом обнаружении прохода планеты через двойную звездную систему. Эту планету назвали *Kepler-16b*. В течение нескольких месяцев рабочая группа «Кеплера» по изучению затменных двойных звезд открыла еще две планеты в таких системах (*Kepler-34b* и *Kepler-35b*), показав, что хотя это и экзотика, но не такая уж редкая. Так родился новый класс планетных систем. Сейчас число открытых «Кеплером» планет у двойных звезд равно семи, и оно, вероятно, удвоится в ближайшее время. Кстати, расчеты указывают, что в нашей галактике их, по всей видимости, десятки миллионов.

### Стратегия поисков

Поиск планет у двойных звезд начался в 1980-х гг., даже еще раньше, чем астрономы обнаружили первые свидетельства существования каких-либо экзопланет, т.е. планет вне нашей Солнечной системы. Хотя прохождения в системе двойной звезды могут выглядеть гораздо более сложными, надежда открыть такие планеты питалась простым предположением: если планета действительно обращается вокруг затменной двойной звезды, следует ожидать, что она движется в той же плоскости, что и сами звезды. Другими словами, если с точки зрения земного наблюдателя звезды затмевают друг друга, то и планета, скорее всего, будет затенять одну или обе звезды. Иными словами, предполагается, что орбиты звезд и планеты лежат в одной плоскости, — вполне разумная гипотеза, которую можно было проверить.

Во многих отношениях затменные двойные звезды — именно тот фундамент, на котором выстроена астрофизика звезд. Если направление на наблюдателя лежит в плоскости их орбиты, то звезды на

каждом орбитальном обороте проходят друг перед другом, блокируя часть излучения. Точно моделируя, как ослабляется световой поток во время затмений, мы можем выяснить размеры и форму звезд, а также геометрию их орбит. Вкупе с другими измерениями мы можем определить их радиусы и массы. Только затменные двойные звезды позволяют надежно измерять массы и радиусы звезд, и эти данные затем используются для оценки физических характеристик одиночных звезд и не затмевающих друг друга звездных пар.

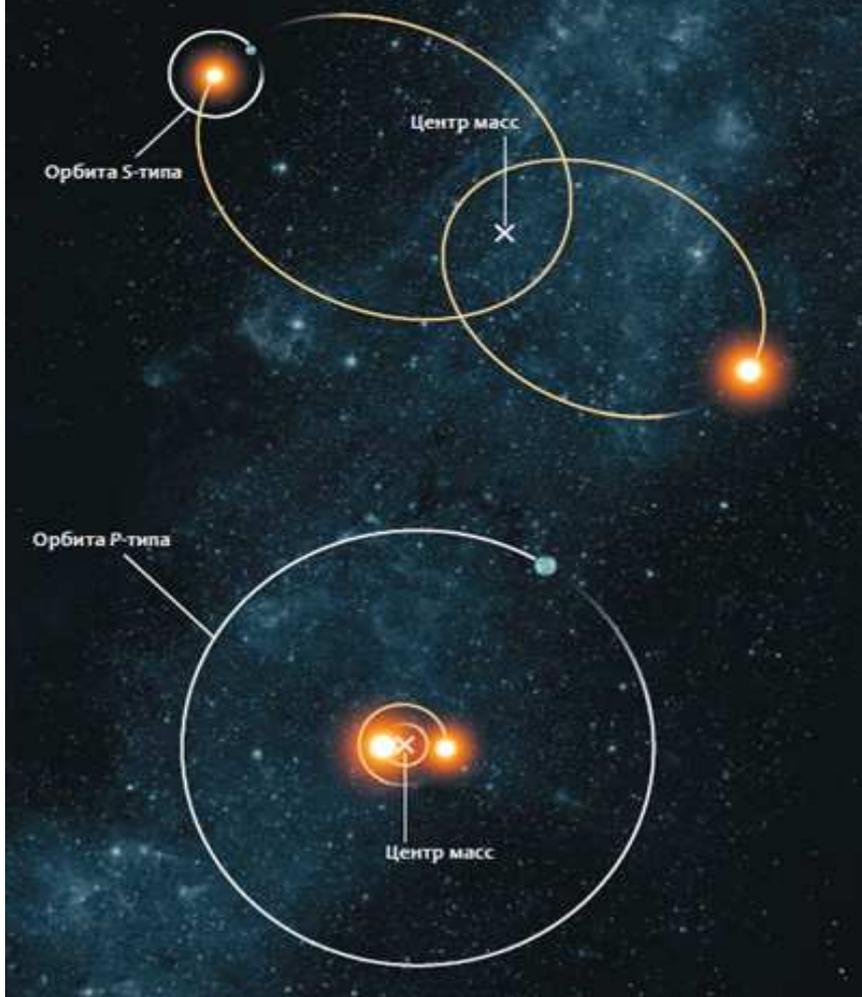
Если звезды в двойной системе находятся очень далеко друг от друга, обращаясь с периодом, скажем, в сотни лет, то они почти не влияют друг на друга и ведут себя так, как будто бы находятся в полном уединении. Планеты могут обращаться вокруг одной из звезд, и в общем случае присутствие второй звезды почти не оказывает на них влияния. Такие планеты называют «планетами одной звезды» или

планетами *S*-класса; в минувшем

десятилетии были обнаружены десятки таких планет.

## ДВА КЛАССА ПЛАНЕТ В ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ

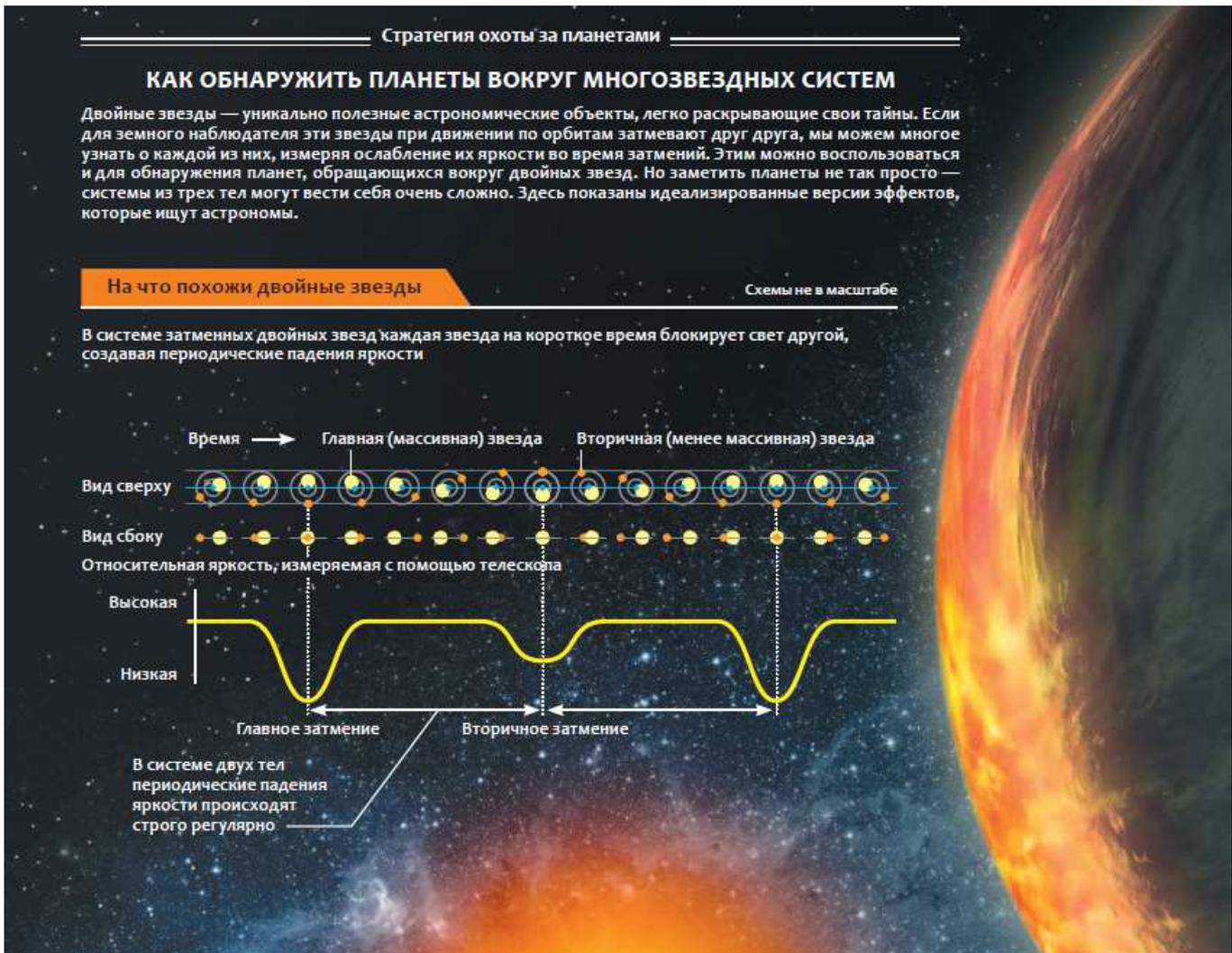
Двойные звезды чрезвычайно разнообразны. Некоторые движутся по огромным замкнутым кольцам своих орбит вокруг общего центра масс, совершая полный оборот за сотни лет. Эти звезды ведут себя так, как будто они изолированы; планета *S*-класса может обращаться вокруг каждого члена такой пары, почти не испытывая влияния со стороны второй звезды. Но звезды, расположенные близко одна к другой, могут обворачиваться за несколько недель или даже дней. Многие годы оставалось неясным, могут ли планеты *P*-класса выжить в условиях хаотически меняющегося гравитационного поля, обращаясь вокруг пары звезд.



Намного интереснее случай, когда звезды настолько близки друг к другу, что оборот одной вокруг другой занимает всего несколько недель или даже дней. Чтобы планета в такой двойной системе имела стабильную орбиту, она должна обращаться вокруг обеих звезд, а не одной из них. Численные расчеты показывают, что расстояние орбиты планеты от звезд должно быть больше минимальной критической величины. Если орбита будет лежать слишком близко, вращающаяся двойная система нарушит устойчивость орбиты планеты и либо поглотит ее, либо выбросит в галактическое пространство.

Минимальное стабильное удаление планеты примерно в два-три раза больше расстояния между звездами. Планеты такого рода называют «планетами двойной звезды», или планетами *P*-класса. В то время как планеты, обращающиеся вокруг одиночных звезд и вокруг одной звезды в системах

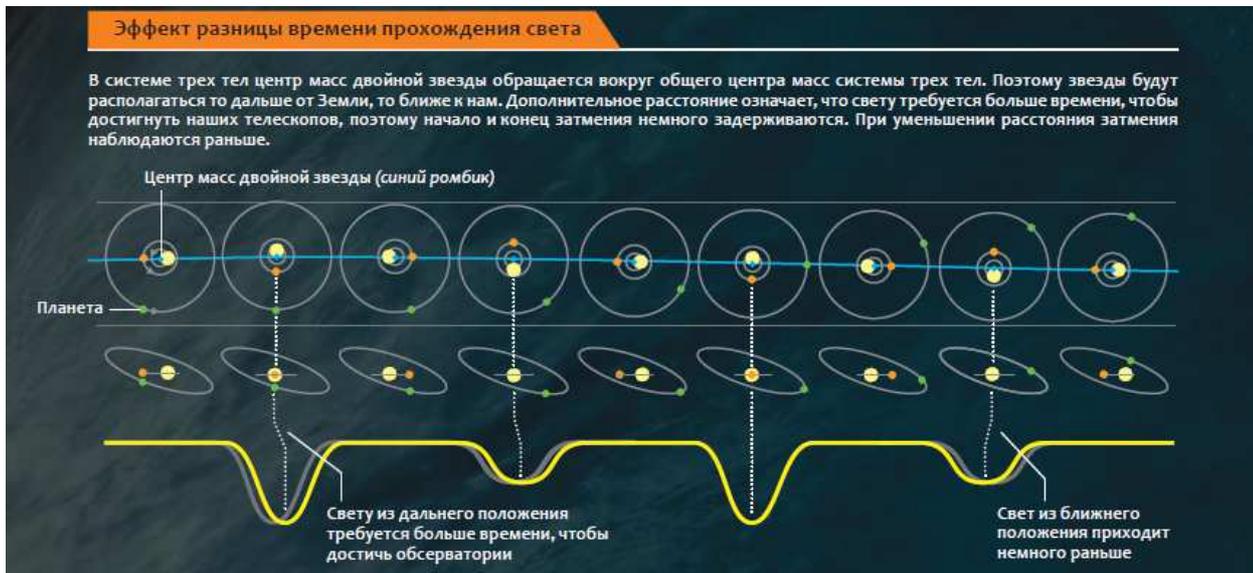
удаленных друг от друга двойных звезд, встречаются весьма часто, мы заинтересовались, может ли природа создать планетную систему у двойной звезды, в которой планеты обращаются вокруг обеих звезд.



В простейшем случае — одна звезда с одной планетой — прохождения происходят со строгой периодичностью, что значительно облегчает их обнаружение. Но добавьте еще одну звезду, и система из трех тел начнет демонстрировать довольно сложные эффекты. Сложность возникает благодаря тому, что звезды быстро движутся (относительно центра масс системы. — Примеч. пер.), — в отличие от системы с одной звездой, где светило практически неподвижно. Поскольку две звезды расположены намного ближе друг к другу, чем к планете, они должны обращаться друг вокруг друга быстрее, чем планета вокруг них, — известный закон Иоганна Кеплера, управляющий движением планет. Таким образом, планета будет проходить перед быстро движущимися объектами и иногда будет пересекать звездный диск раньше, а иногда позже. Хотя эти прохождения точно предсказуемы (если известны массы и орбиты тел), они происходят не периодически. Кроме того, длительность прохождения будет изменяться в зависимости от относительного движения планеты и звезды, которую она закрывает: если они двигаются в одном направлении, время прохождения будет больше, но когда звезда находится на другой половине своей орбиты и движется в противоположную сторону, прохождение будет короче. Эти изменения затрудняют обнаружение планет двойной звезды, но в то же время дают важное преимущество: когда орбита двойной звезды расшифрована, картину изменяющихся моментов и длительности прохождений можно использовать для надежного подтверждения присутствия планеты в двойной системе. Ни одно другое астрономическое явление не демонстрирует подобной картины. Это уникальное свойство планеты двойной звезды — железное свидетельство ее существования.

**Как это было в первый раз**

Пока технические проблемы в начале 2013 г. не вывели «Кеплера» из игры, он неустанно следил за пяточком неба в поисках характерного ослабления сигнала, вызванного пересечением планетами дисков своих звезд. В ходе этих поисков «Кеплер» открыл также более 2 тыс. новых затменных двойных звезд. Было обнаружено и несколько экзотических систем, включая первую из известных затменную тройную звезду.



В 2011 г. один из нас (Лоренс Дойл) вместе с коллегой Робертом Слоусоном (Robert Slawson), работающим вместе с ним в Институте SETI в Маунтин-Вью, штат Калифорния, заметили дополнительное затмение в системе двойной звезды KIC 12644769. Две звезды затмевали друг друга

с периодом в 41 день, но были и три других, необъяснимых, затмения. Первые два случились с интервалом в 230 дней, а следующее произошло спустя 221 день — на девять дней раньше, чем ожидалось. Это был как раз тот признак, что указывает на движение планеты вокруг двойной звезды.

Впрочем, это могла быть просто небольшая тусклая звезда, закрывающая часть звезды большего размера: «Кеплер» уже продемонстрировал нам, что такие затменные тройные системы — не что-то исключительно редкое. Слабое затемнение указывало, что объект, возможно, имеет небольшой радиус, но звездоподобные объекты, такие как коричневые карлики, тоже не очень велики, и нельзя было сказать с уверенностью, что замеченный объект — планета. Необходимо было измерить его массу.

В системе трех тел невидимый спутник двойной системы может выдать свое присутствие двумя основными путями. Представьте себе две звезды, затмевающие друг друга, и относительно большую планету, обращающуюся поодаль вокруг этой парочки. Звезды двойной системы движутся друг вокруг друга, но и центр масс этой пары движется вокруг центра масс системы всех трех тел. Поэтому звезды двойной системы оказываются то немного ближе к Земле, то немного дальше. Когда они расположены дальше, свет звезд идет к нам дольше и затмения наблюдаются немного позже. Когда звезды расположены ближе к нам, затмения наблюдаются раньше. Чем больше масса третьего тела, тем больше эта разница. Циклический эффект, связанный с временем путешествия света, позволяет сделать вывод о присутствии невидимого объекта и оценить его массу. И чем дальше отстоит третье тело от двойной системы, тем больше этот эффект, поскольку дополнительное расстояние, а значит, и задержка во времени, возрастает по правилу рычага. В случае нашей предполагаемой планеты на протяжении приблизительно 230 дней не было поддающихся измерению циклических изменений начала затмений, а это означало, что невидимое тело имеет небольшую массу. Но насколько небольшую?

Влиять на двойную систему третье тело может и непосредственно своей гравитацией. Этот так называемый динамический эффект чаще, чем эффект, связанный со временем путешествия света, используют для изучения объектов, близко расположенных друг к другу. Невидимый спутник слегка изменяет орбиты звезд в двойной системе, а это влияет на моменты начала затмений. Поскольку меньшая из двух звезд приближается к третьему телу ближе, чем большая, ее орбита будет возмущена сильнее. В отличие от эффекта времени путешествия света динамический эффект влияет на моменты затмений более сложным образом.

Один из наших коллег по научной группе, работавшей с телескопом «Кеплер», Дэниел Фабрицкий (Daniel C. Fabrycky) из Чикагского университета отметил, что объект звездной массы должен сильно влиять на времена затмений, тогда как планета проявит себя намного более слабым, но потенциально поддающимся измерению образом. Что касается нашей системы, в ней динамический эффект должен был проявиться гораздо сильнее эффекта разницы во времени прохождения света. Мы искали и в итоге нашли изменения во времени начала затмений, показавшие, что притяжение звезд (к невидимому телу. — Примеч. пер) и близко не достигало величины, которую создал бы спутник звездной массы.

Мощный финальный аккорд в этом исследовании прозвучал, когда Джошуа Картер (Joshua A. Carter) из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики построил сложную компьютерную модель системы. Она в точности совпала со всеми данными наблюдений для планеты с массой почти как у Сатурна. Прекрасное совпадение данных наблюдений и моделирования подтвердило существование планеты и дало исключительно точные значения радиусов, масс и орбитальных характеристик системы.

Наша планета *Kepler-16b* стала первой обнаруженной транзитной планетой, движущейся вокруг двойной звезды. Сочетание транзитных и динамических эффектов сделало это открытие неоспоримым. Поскольку с поверхности этой планеты каждая из двух звезд должна выглядеть как наше Солнце, *Kepler-16b* вскоре получила прозвище Татуин в честь вымышленной планеты из киноэпопеи «Звездные войны»: на ней тоже должны наблюдаться двойные восходы и закаты. Научная фантастика стала научным фактом.

## Новый класс планет

На первый взгляд *Kepler-16b* кажется очень странной планетой. Ее орбита проходит пугающе близко от двойной звезды, всего на 9% дальше, чем минимальное критическое расстояние, необходимое для стабильности орбиты. А поскольку в то время это была единственная транзитная планета у двойной звезды, мы стали сомневаться: а вдруг *Kepler-16b* — всего лишь флуктуация?

К счастью, ответ пришел быстро. Работая с Джеромом Оросом (Jerome A. Orosz) из Калифорнийского университета в Сан-Диего, мы уже занимались поиском планет у двойных, которые не проходят на

фоне своих звезд. Они должны встречаться намного чаще, поскольку не требуется, чтобы плоскости орбит планеты и двойной звезды совпадали, что необходимо для наблюдения прохождений. Как уже было сказано, небольшие изменения в моментах начала затмений облегчают поиск таких планет. Мы следовали по этому пути в течение нескольких месяцев и нашли несколько систем-кандидатов. Затем во вторник днем в августе 2012 г. один из нас (Уильям Уэлш) заметил прохождения в одной из двойных звездных систем. Уже через несколько часов Фабрицкий построил компьютерную модель, которая воспроизвела изменения моментов начала и продолжительности прохождений, подтвердив тем самым, что транзитный объект — это планета. Так мы открыли *Kepler-34b*. Лихорадочно продолжив поиски, буквально на следующий день Орос обнаружил прохождения у другой затменной

двойной звезды, которая также дала приют планете — *Kepler-35b*.

В течение еще нескольких месяцев Орос продолжил работу и открыл *Kepler-38b*, показав, что вокруг двойных встречаются планеты и меньшего размера — типа Нептуна. А затем он открыл систему *Kepler-47*, содержащую как минимум две планеты, продемонстрировав тем самым, что двойные звезды могут дать приют нескольким планетам. Самая последняя из обнаруженных планет с кратной орбитой, *Kepler-64b* (известная также как *PH1*), была одновременно и независимо открыта студентом Университета Джонса Хопкинса Веселином Костовым (Veselin Kostov) и астрономами-любителями из группы «Охотники за планетами» (*Planet Hunters*). Эта планета принадлежит четырехкратной звездной системе, что еще больше расширяет многообразие условий, в которых могут формироваться планеты.

Семь уже обнаруженных планет двойной звезды говорят нам, что эти объекты — не столь уж и редкое явление и что мы открыли новый класс планетных систем.

Из геометрических соображений следует, что для каждой обнаруженной транзитной планетной системы существует примерно от пяти до десяти планет, которые мы не видим, поскольку ориентация их орбит не позволяет зафиксировать из нашей точки пространства их прохождение перед двойными звездами. Учитывая, что в результате поиска примерно у 1 тыс. затменных двойных звезд уже обнаружены семь планет, мы можем с уверенностью сказать, что в нашей галактике десятки миллионов планетных систем у двойных звезд.

*Хотя мы не понимаем, почему эти планеты предпочитают столь рискованные орбиты, мы можем сделать важный вывод: формирование планет происходит активно и повсеместно.*

Все до сих пор обнаруженные «Кеплером» транзитные планеты двойных звезд — это газовые гиганты, не имеющие твердой коры, которая позволила бы космонавту стоять на их поверхности и восхищаться двойными закатами. Продолжается поиск твердотельных планет меньшего размера, хотя обнаружить у двойных звезд планеты размером с Землю будет невероятно трудно.

Но даже с таким небольшим набором планет число интересных вопросов продолжает расти. Например, половина из всех открытых «Кеплером» затменных двойных звезд имеют период обращения по орбите менее 2,7 суток, и поэтому мы ожидали, что половина двойных звезд, у которых есть планеты, будут также иметь периоды обращения менее 2,7 суток. Но ни у одной из них нет столь короткого периода обращения: самый короткий период — 7,4 суток. Почему? Мы высказали предположение, что, по всей видимости, это связано с процессом, некогда сблизившим эти звезды друг с другом.

Кроме того, планеты стремятся обращаться на очень близком расстоянии от своих звезд. Если бы они находились еще немного ближе, их орбиты стали бы нестабильными. Что же заставляет их жить в постоянной опасности? Понимание того, почему планеты двойных звезд располагаются так близко к своему положению нестабильности, поможет нам усовершенствовать теорию формирования планет и эволюции их орбит.

Хотя мы не знаем, почему эти планеты предпочитают столь рискованные орбиты, тем не менее мы поняли теперь одну важную вещь: тот факт, что планеты могут существовать даже на пороге области хаотического движения, говорит нам, что формирование планет происходит активно и повсеместно.

### **Динамическая зона жизни**

Тенденция открытых «Кеплером» планет двойной звезды располагаться вблизи области нестабильности имеет интересные следствия. У исследованных «Кеплером» звезд граница этой области, как правило, расположена вблизи зоны жизни — области вокруг звезды (в данном случае — вокруг двух звезд), где ее излучение поддерживает на поверхности планеты температуру,

необходимую для существования жидкой воды. Ближе к звезде — и вода на планете закипит; дальше — и вода замерзнет.

А жидкая вода — это необходимое условие для существования жизни, какой мы ее знаем.

Вокруг одиночной звезды зона жизни имеет сферическую форму. В двойной системе каждая звезда имеет собственную зону жизни, которые сливаются в деформированный сфероид, если звезды расположены близко друг к другу, как в случае обнаруженных «Кеплером» планет двойной звезды. По мере того как звезды обращаются друг вокруг друга, результирующая зона жизни также вращается вместе с ними. Поскольку звезды движутся быстрее, чем планеты, зоны жизни поворачиваются быстрее, чем планеты обращаются вокруг своих звезд.

В отличие от Земли, которая имеет почти круговую орбиту вокруг Солнца, расстояние планеты двойной звезды до каждого из своих солнц очень сильно изменяется в течение ее года. Таким образом, времена года на планете, вероятно, сменяют друг друга за несколько недель, по мере того как звезды кружатся друг вокруг друга. Эти климатические изменения, судя по всему, велики и квазирегулярны: «Должно быть, это необузданная стихия», — замечает Орос.

Две из найденных транзитных планет двойной звезды расположены в зоне жизни своих солнц — удивительно большой процент. Правда, нахождение в зоне жизни — условие необходимое, но не достаточное для существования жизни. Например, Луна тоже находится в зоне жизни нашего Солнца, однако она совершенно необитаема, поскольку из-за небольшой массы ее гравитация слишком слаба, чтобы удержать атмосферу. И все же тот факт, что столь значительная доля планет двойной звезды расположена в своих зонах жизни, заставляет задуматься. Какова может быть жизнь и тем более цивилизация на этих планетах при столь резко и быстро сменяющихся временах года?

*Перевод: А.П. Кузнецов*

### **Основные положения**

Двойные звезды встречаются довольно часто, и астрономы пытались понять, могут ли существовать планеты двойной звезды — т.е. планеты, обращающиеся вокруг двух солнц.

Некоторые опасались, что условия вокруг двойной звезды могут оказаться слишком нестабильными, что не позволит формироваться планетам.

Однако недавние открытия показали, что планеты двойной звезды не только существуют, но и могут располагаться в зоне жизни двойной системы, где возможно существование жидкой воды.

#### *Дополнительные источники*

Kepler-16: A Transiting Circumbinary Planet. Laurance R. Doyle et al. in Science, Vol. 333, pages 1602–1606; September 16, 2011.

Transiting Circumbinary Planets Kepler-34 b and Kepler-35 b. William F. Welsh et al. in Nature, Vol. 481, pages 475–479; January 26, 2012.

Kepler-47: A Transiting Circumbinary Multiplanet System. Jerome A. Orosz et al. in Science, Vol. 337, pages 1511–1514; September 21, 2012.

Миссия NASA «Кеплер»: <http://kepler.nasa.gov>

Проект «Охотники за планетами»: [www.planethunters.org](http://www.planethunters.org)

Анимированные изображения Kepler-16 и других систем

с двойными звездами см. по адресу: [ScientificAmerican.com/ov2013/planets](http://ScientificAmerican.com/ov2013/planets)

## ЧЕЛОВЕКУ НЕЧЕГО ДЕЛАТЬ В КОСМОСЕ

---

*Дискуссии о развитии космической отрасли идут на самом высоком уровне: вице-премьеры, депутаты, президент. Но так и остается открытым один из самых главных вопросов: нужно ли вообще человеку летать в космос? Мы осваиваем его уже более полувека. Человек запустил в космическое пространство животных, роботов, полетел сам, высадился на Луне, закрепился на орбите Земли. Что дальше? Куда на самом деле стоит лететь? Об этом мы поговорили с одним из самых известных астрономов и популяризаторов науки Владимиром Сурдиным. Дискуссию ведет Светлана Соколова*

### **Зачем человек был нужен в космосе в прошлом веке?**

В те времена на борту не было современной электроники и только человек мог управлять сложными процессами. Первые полеты людей были просто экспериментальными: надо было проверить, как можно в космосе жить и работать. К концу 1980-х стало ясно, что находиться там человек может максимум год. За год он получает дозу облучения, запрещенную всеми медицинскими нормами. Прошло сорок лет, а пилотируемая космонавтика осталась такой, какой была во времена Гагарина. Те же скафандры, те же ракеты. Она застыла. Пройдет еще сорок лет, но человек не станет дышать по-

### **То есть бороться с этой агрессией должны не люди, а роботы?**

В армии так и происходит. Человек уходит куда-то в бункер управлять, а техника действует на поле боя. Уже всю используют беспилотные самолеты и роботы-саперы. В космосе так же опасно, как на войне. Люди требуют расходов на свое жизнеобеспечение и лечение, а результатов нет. Сейчас нет никаких серьезных технологических экспериментов, никаких научных исследований, для которых в космосе был бы необходим человек. Дыхание космонавта, его движения, его испражнения, все его существование на борту будет только выводить из строя технику.

### **Тогда почему люди до сих пор сидят на орбите?**

Сейчас они находятся только на Международной космической станции. И в этом гораздо больше государственной политики, чем научной или технической необходимости. Ни мы, ни американцы не хотим отставать друг от друга. В советское время была долгая эпопея с орбитальными станциями «Мир», когда американцы поняли, что отстают. Мы знали, как человек может год проработать на орбите, а они не знали и решили наверстать. Сделали свою орбитальную станцию. В космической медицине они наверстали. Сейчас их космонавты провели на орбите больше времени, чем наши. А реального результата все равно нет.

### **Но ведь на Земле нужна космическая медицина, разве нет?**

Отчасти нужна. Есть экстремальные профессии, в которых условия как на МКС. Например, подводники. Но это тоже давно изучено. На это были брошены силы еще в 1950-х, Институт медико-биологических проблем для этого и создавался. Сохранять им жизнь в таких тяжелых условиях научились. Но если летчики и подводники реальными делами занимаются, то космонавты ничего уже на орбите не делают. А затраты на их содержание колоссальные.

Подальше от Юпитера

### **Когда Россия остановилась в развитии космонавтики и на чем застряла?**

Мы застряли на электронике. У нас была очень хорошая техника в эпоху, когда не было электроники, — до 1965 года, когда компьютеры были размером с вагон. Тогда американцам не на чем было нас переиграть. Но как только космонавтика стала управляться компьютерами, мы сразу отстали. В 1970-е годы в СССР на орбиту запускали в год более ста спутников, в США — 20–30. Но их спутники работали годами, а наши довольно быстро заканчивали свою жизнь, часто из-за того, что не выдерживали радиационную обстановку в космосе. И сейчас не выдерживают.

Например, у Роскосмоса есть намерение отправить аппарат к спутникам Юпитера. Интереснее всего было бы на спутник Европа, где подо льдом океан, и в нем может быть жизнь. Но

посмотрели, какая там радиационная обстановка, и сделали вывод, что наша электроника сдохнет, как только туда доберется. Решили: пошлем к другому, менее интересному спутнику, который подальше от Юпитера, но на котором меньше радиации, и наша техника, может быть, как-то выдержит. Даже до Марса у нас редко что долетало.

### **Это возможно исправить?**

Купить детали у американцев мы не можем. А сделать такие же не позволяет общий культурный уровень. Далеко не все люди еще умеют в защитных костюмах, перчатках, масках работать с электроникой. Однажды я читал лекцию на заводе, где делают крутой военный компьютер. Меня пригласили в сборочный цех. Я представлял, что он похож на операционную, стерилен. А оказалось, там сотрудницы обедают прямо на рабочем месте — газетки, крошки... Это то, что никаким приказом не изменишь. Этими руками не создашь надежную электронику. Невозможно организовать сверхчистое производство, если люди выросли в избах и бараках. Тут нужна смена поколений.

### Задача — выжить

### **Как быстро исчерпала себя пилотируемая космонавтика?**

Я думаю, она лет двадцать была актуальна, с 1961-го по 1981-й. После этого никакого реального прогресса в ней не было. Если сравнить 1981-й и 2011-й, последние тридцать лет летают на том же самом и занимаются тем же самым, а именно: сохранением своей жизни на орбите. Космонавт 90% времени тратит на обслуживание станции: очистка труб, контроль воздуха. Он почти все время занят тем, чтобы выжить. Он себя исследует, анализы берет. На какие-то научные эксперименты почти не остается времени.

### **И удали оттуда человека — ничего не изменится?**

Все это станет дешевле, а результат будет даже более интересным. Океанологи это поняли давно. У них в 1960-е годы были только обитаемые аппараты, а сейчас их почти не осталось. Вместо людей на глубину спускаются роботы. Японцы не летают в космос, а японская космонавтика сегодня на одном из первых мест. Индусы — у них и мысли нет о полете, а их спутники вокруг Луны очень хорошо поработали. А у нас результат по Луне ноль уже давно. Бразилия сейчас начинает свои спутники запускать, пока на чужих ракетах. Они понимают: был этап, они его прозевали, Бразилия тогда была слабой, ну и ладно, сегодня это уже никому не нужно.

### **Какое, на ваш взгляд, самое значительное достижение эпохи пилотируемой космонавтики?**

Конечно, полет на Луну. С ним ничто не сравнится. Он послужил науке. Например, были взяты разнообразные образцы лунного грунта, установлены сейсмографы, отражатели лазерных лучей.

### **А самое большое разочарование?**

Я думаю, разочарований не было. Сначала никто не верил, что вообще человек может провисеть в невесомости несколько минут и не отдать концы. Ведь вся биологическая эволюция прошла в условиях силы тяжести, и первые полеты были с условием: «Ничего не делайте, только выживите». Может быть, когда-нибудь этот опыт пригодится, может быть, когда-нибудь мы полетим на Марс. Но если мы сейчас не пойдем обходным путем, не изучим эти планеты, то... куда лететь? Разочарований... нет, не было. Они сейчас наступают. В последнее время мы уже ничего принципиально нового не узнаем о человеке в космосе, а силы на это тратим.

### Бессмысленная гонка

### **Правда ли, что самое интересное для исследования сейчас находится за пределом физических возможностей человека?**

Чаще всего да. Очень мало мест, где человек может вообще выжить. Скажем, на планетах-гигантах радиационная обстановка жуткая, а именно их спутники дают наибольшую надежду на обнаружение внеземной жизни. Или полеты к Солнцу, Меркурию и Венере, где фантастическая температура. Космос — крайне враждебная среда. Но нам с ней жить. Чем быстрее и эффективнее мы его изучим, тем лучше мы на Земле будем защищены от всяких неожиданных неприятностей. А технологии выживания в пустоте нам точно неинтересны. Скафандр, в котором человек в открытом космосе работает, точно больше нигде не используешь. Так зачем в эту вещь вкладывают деньги?

### **Это разрушает популярнейший миф о том, что человек может абсолютно все.**

Подождите. Вот человек бегаёт со скоростью 40 километров в час. Быстрее не побежит никогда. Но он придумал машину. В этом и есть всемогущество. А страна до сих пор живёт мифами — и

советскими, и новыми. К сожалению, закрыть пилотируемую космонавтику для государственных идеологов неприемлемо.

### **Но кто-то должен одуматься первым и прекратить эту бессмысленную гонку.**

О, бессмысленных гонок в мире много. Мы — держава первых космических запусков, мы не можем сделать шаг назад. И американцы, первыми ступившие на Луну, не могут сделать шаг назад. Это чисто политические, идеологические вещи, вопрос престижа. Думаю, нормальному человеку сегодня не пришло бы в голову возить людей на орбиту. Ведь не ставят же сегодня на перекрестках регулировщика с палочкой, поскольку с этой работой лучше справляется светофор.

### **Но вот Китай планирует отправить человека на Луну. Зачем?**

Сейчас Китай выходит на первую позицию по экономике в мире, и как символ крутости ему хочется отправить человека на Луну. Это им надо для народа. Вероятно, они считают, что китайскому народу это будет приятно, сплотит его, поднимет авторитет руководства Китая и авторитет страны. Мир увидит, что китайская техника — это не только ширпотреб. Точно так же это оправдывало наши затраты на пилотируемую космонавтику в прошлом веке. Лет десять все брали с нас пример, нас уважали, считались с нами. Сейчас нам, европейцам и американцам, это уже не нужно. Космонавтика стала рутинным делом, когда требуется эффективность при минимальных затратах.

### **А что нам нужно?**

Сейчас и в ближайшем будущем нужно создавать надежные космические беспилотники. Прежде всего для длительной и эффективной работы на околоземных орбитах. Связь, навигация, разведка, глобальные прогнозы — сегодня все это держится на спутниках, дает огромный экономический эффект, но уже не столь престижно. Сейчас любая страна, университет и даже общество радиолюбителей могут заказать себе стандартный спутник. А вершиной космонавтики считается сегодня запуск межпланетных аппаратов, которые приносят истинно престижные достижения. Именно на этом нужно сосредоточиться.

Кто сейчас изучает дальний космос? Американцы, европейцы, японцы. А мы давно уже не запускали межпланетные зонды и страшно в этом отстали. Создание роботов, в отличие от пилотируемой космонавтики, дает возможность стимулировать наш технический уровень. Это нам нужно для повышения собственной технической культуры.

### Летим к астероидам

#### **Что мешает нам существовать в космосе?**

Прежде всего радиация. Второе — невесомость. Когда организм не чувствует нагрузки в виде силы тяжести, он резко ослабляет многие свои функции, например кости становятся более ломкими, потому что кальций вымывается. Единственный метод борьбы с этим — тренировка. Много времени на станции космонавт должен крутить педали велотренажера и растягивать резиновые жгуты. Постоянный шум: работают десятки вентиляторов, перемешивая воздух. Дикая теснота. Проблемы с гигиеной. Конечно, большая зарплата и почести на всю жизнь. Но если лично для космонавта главное — все вытерпеть, не погибнуть и вернуться, то мы на Земле должны думать об эффективности такой работы. Ведь мы за нее платим.

#### **Если все-таки лететь, то куда? К астероидам?**

Да. Это самый простой путь научиться человеку летать далеко. Ладно, если мы не хотим навсегда убирать человека из космоса — а мы этого, естественно, не хотим, — то давайте делать новые шаги. Астероиды — маленькие тела, которые почти не притягивают к себе. Поэтому космический корабль подлетает к астероиду, как катер. Раз — причалил, остановился. Надо лететь дальше — оттолкнулся и полетел. Это просто. Это совсем не то, что лететь на Марс... Это будет новый шаг. Американцы это понимают, у них запланированы полеты астронавтов к астероидам.

#### **И какой в этом практический смысл?**

Никто этого пока не знает. Потому что снаружи астероид — это просто камень. Но в нем может быть много железа. Но даже если он будет из золота, добывать его там для Земли было бы слишком дорого. А вот для производства в космосе материал астероидов очень полезен. Но пока это лишь мечты. Сначала нужно создать надежную электронику.

#### **А почему в России о полетах человека на Марс ведутся разговоры, а о полетах на Луну или астероиды — нет?**

Потому что Марс — это ни к чему не обязывающий символ. О нем можно говорить годами: «Когда-нибудь полетим...» А китайцы молчат про Марс, они ставят перед собой реальные цели.

Вообще, космос — это очень удобный плацдарм для изучения и освоения Земли. Но для жизни человека в космосе нет ничего. Там пусто. Можно создавать искусственную среду, но лишь за счет Земли.

Современный культурный человек уходит из вредных сред и оставляет вместо себя роботов. По моему, патриотизм состоит не в том, чтобы «рожденный в России человек ступил ногой на Марс», а в том, чтобы рожденные в России и получившие здесь образование инженеры спроектировали, а грамотные работники смогли построить высокотехнологичный космический робот, автомобиль, самолет.

### Недра Марса

#### **Является ли космос до конца нейтральной территорией?**

Он начинается с высоты около 150 километров над Землей, и это пространство уже не принадлежит никому, как Антарктида; согласно международным договорам оно не может быть поделено. Но по факту, кто там работает, тот его реально и эксплуатирует. Сегодня можно сказать, что Солнечная система в основном принадлежит американцам. Они знают, как она устроена, и умеют там работать. Глубокий космос сегодня принадлежит им. И завоеван он не людьми, а автоматами.

#### **Значит, космонавтика будущего — это полеты без человека, никаких космонавтов, плавающих по орбите в скафандрах?**

Я надеюсь, что, по крайней мере в ближайшие десятилетия, это будет именно так. Возможно, что-то изменится, когда мы лучше изучим Солнечную систему и, может быть, найдем те оазисы, где человеку можно работать вместе с автоматами или вместо них. Например, марсианские пещеры или пещеры на астероидах. Там нет радиации, климат получше. База с людьми могла бы там эффективно поработать. Мы еще не придумали робота, который бы лазал по стенкам пещеры, но сами умеем это делать. Вот давайте туда и пошлем пилотируемую экспедицию. А просто так посылать вперед разведчиков и терять при этом людей мне кажется бессмысленно.

#### **Можно развивать космическую спелеологию...**

Раз есть пещеры в космосе, то должны быть и спелеологи. Надо просто подумать, как это сделать. Сначала отправить роботов, которые погибнут, потом научиться делать роботов, которые не гибнут, а уж потом лезть самим, если выяснится, что условия там нормальные. В конце концов, создадим базу и будем гордиться теми, кто работает в недрах Марса.

#### **И создавать там запасную площадку на случай беды с Землей?**

Это отдельная и очень важная задача: клонировать информационный багаж человечества, все знания, созданные нашей цивилизацией. Давайте хотя бы накопленное на сегодняшний день закрепим и отнесем в надежное место, мало ли что. На всякий случай. Хорошо бы такое хранилище создать на Луне и где-нибудь еще.

### Пещера и свет

#### **Вы хотели в детстве полететь в космос?**

Я с детства знал, что не полечу: вестибулярный аппарат слабый. Один раз как следует покачавшись на качелях, я это понял. Очень редкие люди способны на космические полеты.

#### **Не обидно?**

Конечно, нет. Даже если бы вдруг предложили — отказался бы. Мне просто жалко затрат на транспортировку моего тела туда и обратно, с помощью которых можно сделать что-то полезное на Земле. Например, лекции читать, студентов учить. Мы даже не представляем, насколько комфортнее была бы наша жизнь на Земле, если бы безумная прорва денег не уходила на военные проекты, на бессмысленные космические затеи.

#### **А если бы не было никаких ограничений — ни финансовых, ни агрессивной среды в космосе, никаких рисков, — куда бы вы полетели?**

Я бы хотел на спутник Сатурна полететь, на Энцелад. Это единственное место, где уже сегодня можно убедиться в существовании жизни или ее отсутствии в подледном океане. Это самое интересное. Потому что с Марсом более или менее ясно, а вот там, вдалеке, очень экзотические объекты: спутники, покрытые льдом, а подо льдом гигантские океаны. Например, на Европе больше воды, чем во всех земных океанах, вместе взятых.

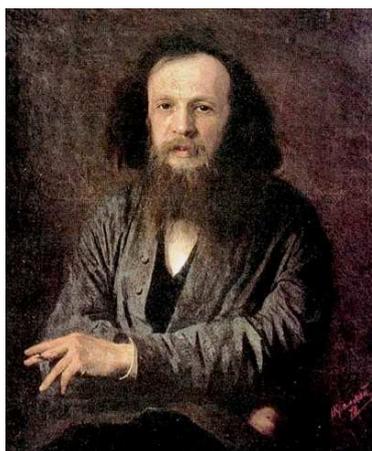
Это огромные просторы для жизни. И марсианские пещеры меня очень интересуют, думаю, там найдется жизнь. Марс несильно от Земли отличается, единственное — там атмосферы почти нет. Значит, надо под следующим слоем искать. Пещера — это такой паллиатив: ты там скрыт

от радиации, но солнечный свет туда все-таки попадает. Пещера и свет — это очень благоприятное сочетание. Ну, а если уж и там нет жизни, то, наверное, нет нигде... Кроме Земли.

<http://www.nkj.ru/archive/articles/23734/>

## Проблема «нулевых» в работах Менделеева

**Георгий Рязанцев, научный сотрудник Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова**



*Чем более мне приходилось думать о природе химических элементов, тем сильнее я отклонялся как от классического понятия о первичной материи, так и от надежды достичь желаемого постижения природы элементов изучением электрических и световых явлений, и каждый раз настоятельнее и яснее сознавал, что ранее того или сперва должно получить более реальное, чем ныне, представление о «массе» и об «эфире».*

**Д. И. Менделеев**

В январе 1904 года «Петербургский листок» № 5 по случаю 70-летия Дмитрия Ивановича Менделеева опубликовал с ним интервью. На вопрос, какими научными исследованиями он занят в настоящее время, учёный ответил: *«Они направлены исключительно к подтверждению выставленной мною в прошедшем году теории, или, вернее, попытки, химического понимания мирового эфира».*

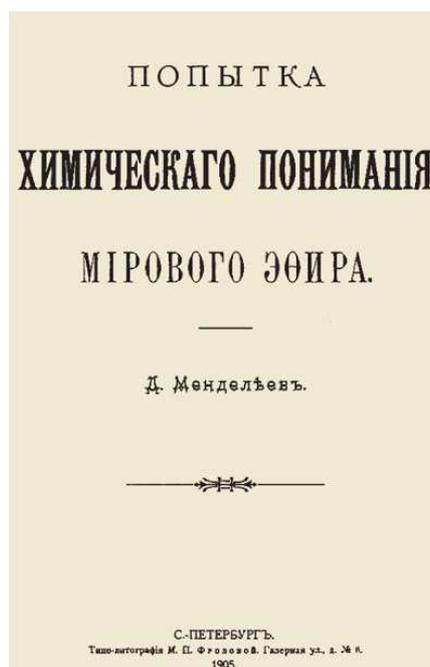
Что это за теория, о которой мы так мало знаем?

Статью «Попытка химического понимания мирового эфира» Д. И. Менделеев закончил в октябре 1902 года, а опубликовал в январе 1903 года в № 1—4 «Вестника и библиотеки самообразования». В мае 1904 года в письме известному астроному Саймону Ньюкомбу он сообщил, что в ближайшее время собирается написать статью *«по поводу современных представлений о сложности химических элементов и об электронах...»*

О сложности химических элементов и об электронах — это понятно современному читателю, но мировой эфир? Сейчас даже школьники знают, что эта идея отброшена наукой. Поэтому, наверное, одна из последних работ Менделеева очень редко комментируется, практически нигде не упоминается да её вообще трудно найти. Во многих научных и учебных библиотеках в многотомных «Сочинениях» Д. И. Менделеева отсутствует том 2, где находится глава «Попытка химического понимания мирового эфира». Иногда даже создаётся впечатление, что как-то стыдливо стараются вымарать эту «курьёзную» работу из наследия учёного. Похоже, многие снисходительно думают, что великий Менделеев на старости лет, возможно, превысил уровень своей компетентности.

Но давайте не будем спешить с выводами. Эту «конфузную» теорию Д. И. Менделеев вынашивал почти всю свою творческую жизнь. Через два года после открытия периодической системы (Менделееву не было ещё 40 лет) на оттиске из «Основ химии» его рукой около символа водорода сделана надпись, которую можно расшифровать так: «Легче всех эфир, в миллионы раз». По-видимому, «эфир» представлялся Менделееву наилегчайшим химическим элементом.

*«Уже с 70-х годов у меня назойливо засел вопрос: да что же такое эфир в химическом смысле? Он тесно связан с периодической системой элементов, ею и возбудился во мне, но только ныне я решаюсь говорить об этом».*



Итак, химический элемент эфира — элемент эфира — атомарность эфира — дискретность эфира. Это не тот эфир, который отбросила как ненужный костыль современная физика. Откроем словарь:

«Эфир (греч. Aither — гипотетическая материальная среда, заполняющая пространство)... В классической физике под эфиром понималась однородная, механическая, упругая среда, наполняющая абсолютное ньютоновское пространство» (Философский словарь / Ред. М. М. Розенталь. — М., 1975).

В классическом определении эфира — акцент на однородности или непрерывности. Эфир, о котором говорит Менделеев, состоит из элементов, он атомарен, он неоднороден, он прерывен и дискретен. Он имеет структуру.

Интерес Дмитрия Ивановича к проблеме эфира в 1870-е годы тесно связан с периодической системой («ею и возбудился во мне») и последовавшими затем работами по исследованию газов. *«Сперва и я полагал, что эфир есть сумма разреженнейших газов в предельном состоянии. Опыты велись мною при малых давлениях — для получения намёков на ответ».*

Но эти работы не удовлетворяли его: *«... представление о мировом эфире, как предельном разрежении паров и газов, не выдерживает даже первых приступов вдумчивости — в силу того, что эфир нельзя представить иначе как веществом, все и всюду проникающим; парам же и газам это не свойственно».*

Детальная разработка «химической концепции мирового эфира» началась с открытия инертных газов. Д. И. Менделеев предсказал много новых элементов, но вот инертные газы были неожиданны даже для него. Не сразу он принял это открытие, не без внутренней борьбы, и разошёлся во взглядах с большинством химиков по поводу местонахождения инертных газов в периодической системе. Где они должны быть расположены? Современные химики, не задумываясь, скажут: конечно, в VIII группе. А Менделеев категорически настаивал на существовании нулевой группы. Инертные газы настолько отличаются от остальных элементов, что им место было где-то на обочине системы. Казалось, какая разница, на правом (VIII группа) или левом (нулевая группа) краю они будут. Нам это кажется совершенно непринципиальным, особенно для того времени, когда не знали электронного строения атомов, хотя и сейчас мы только обольщаемся, что знаем. Менделеев думал иначе. Поставить инертные газы справа значит получить между водородом и гелием целый ряд пустот. Это был вызов — искать новые элементы между водородом и гелием! Может, есть галоген легче фтора (вероятность существования такого галогена Менделеев допускал, если предположить, что гелий действительно находится в VIII группе) или другие лёгкие элементы между водородом и гелием? Их нет, поэтому место инертных газов слева, в нулевой группе! Тем более и валентность их уж, скорее, нулевая, чем VIII. Да и количественное соотношение атомных весов однозначно указывает на положение инертных газов слева, в начале каждого ряда.

*«Это положение аргоновых аналогов в нулевой группе составляет строго логическое последствие понимания периодического закона», — утверждал Д. И. Менделеев.*

Становится понятным, почему Дмитрий Иванович настаивал на существовании нулевой группы, понятны его упоминания о гипотетическом галогене легче фтора; отсюда даже понятен его поиск элемента легче водорода, о существовании которого он давно размышлял: *«Никогда мне в голову не приходило, что именно водородом должен начинаться ряд элементов».* *«Лишить водород того исходного положения, которое он давно занимает, и заставить ждать элементов ещё с меньшим, чем у водорода, весом атома, во что я всегда верил» —* вот сокровенные мысли учёного, которые он таил до тех пор, пока периодический закон окончательно не утвердится. *«У меня мелькали мысли о том, что раньше водорода можно ждать элементов, обладающих атомным весом менее 1, но я не решался высказываться в этом смысле по причине гадательности предположения и особенно потому, что тогда я остерегся испортить впечатление предлагавшейся новой системы, если её появление будет сопровождаться такими предположениями, как об элементах легчайших, чем водород».*

Как раз в отстаиваемой им системе с нулевой группой, которую впервые предложил бельгийский учёный Лео Эррера в 1900 году на заседании Бельгийской королевской академии наук (Academie royale de Belgique), водород вроде бы вовсе может быть и не первым, так как перед ним с неизбежностью появляется свободное место для сверхлёгкого элемента — может, это и есть «элемент эфира»?

*«Теперь же, когда стало не подлежать ни малейшему сомнению, что перед I группой, в которой должно помещать водород, существует нулевая группа, представители которой имеют веса атомов меньше, чем у элементов I группы, мне кажется невозможным отрицать существование элементов более лёгких, чем водород», —* писал Дмитрий Иванович.

В открытом им законе Менделеев пытается с физической стороны понять природу массы как основной характеристики вещества. Выясняя физические основы тяготения (о том, как много сил и времени он уделял этой проблеме, мы тоже мало знаем), тесно связанные с понятием мирового эфира как «передающей» среды, он ищет легчайший элемент. Однако результаты опытов 1870-х годов, сводившихся к тому, чтобы доказать, что *«эфир есть сумма разреженнейших газов»*, не

удовлетворили Менделеева. На какое-то время он прекратил исследования в этом направлении, никуда не писал, но, как видно, никогда не забывал о них.

В конце жизни в поисках ответа на вопросы, касающиеся глубинных свойств материи, он вновь обращается к «мировому эфиру», с помощью которого пытается проникнуть в природу основного понятия естествознания XIX века (да и XX, и даже XXI веков) — массы, а также дать объяснения новым открытиям и, прежде всего, радиоактивности. Основная мысль Менделеева заключается в следующем: *«Реального понимания эфира нельзя достичь, игнорируя его химизм и не считая его элементарным веществом; элементарные же вещества ныне немыслимы без подчинения их периодической законности»*. Характеризуя мировой эфир, Менделеев считает его, *«во-первых, наилегчайшим из всех элементов как по плотности, так и по атомному весу, во-вторых, наиболеесте движущимся газом, в-третьих, наименее способным к образованию с какими-либо другими атомами или частицами определённых сколь-либо прочных соединений и, в-четвёртых, элементом, всюду распространённым и всепроникающим»*.

Вес атома этого гипотетического элемента X, по расчётам Менделеева, может колебаться в пределах от  $5,3 \times 10^{-11}$  до  $9,6 \times 10^{-7}$  (если атомный вес H равен 1). Для оценки массы гипотетического элемента он привлекает знания из области механики и астрономии. Элемент X получал своё место в периодической системе в нулевом периоде нулевой группы, как легчайший аналог инертных газов. (Менделеев называет этот элемент «ньютонием».) Кроме того, Дмитрий Иванович допускал существование ещё одного элемента легче водорода — элемента Y, корония (предположительно линии корония были зафиксированы в спектре солнечной короны при затмении Солнца в 1869 году; открытие гелия на Земле давало основание считать реальным и существование этого элемента). Вместе с тем Менделеев не раз подчёркивал гипотетичность элементов X и Y и не включал их в таблицы элементов 7-го и 8-го изданий «Основ химии».

Научная требовательность и ответственность в работах Менделеева не нуждаются в комментариях. Но, как мы видим, если того требовала логика поиска, он смело выдвигал самые необычные гипотезы. Все предсказания, сделанные им на основе периодического закона (существование 12 неизвестных в то время элементов, а также исправления атомных масс элементов), блестяще подтвердились.

*«Когда я прилагал периодический закон к аналогам бора, алюминия и кремния, я был на 33 года моложе, во мне жила полная уверенность, что рано или поздно предвидимое должно непременно оправдаться, потому что мне всё там было ясно видно. Оправдание пришло скорее, чем я мог надеяться. Тогда я не рисковал, теперь рискую. На это надобна решимость. Она пришла, когда я видел радиоактивные явления... и когда я осознал, что откладывать мне уже невозможно и что, быть может, мои несовершенные мысли наведут кого-нибудь на путь более верный, чем тот возможный, какой представляется моему слабющему зрению»*.

Так что же, это первая крупная ошибка, может, даже глубокое заблуждение великого учёного, как сейчас считают очень многие, или всего лишь прискорбное недопонимание гения его малоспособными учениками?

В начале XX века не только Менделеев, но и многие физики и химики верили в существование «эфира». Однако после создания Альбертом Эйнштейном специальной и общей теории относительности эта вера стала угасать. Принято считать, что к 1930-м годам проблема «эфира» уже не существовала, а вопрос об элементах легче водорода отпал сам собой. Но, опять же, отпала проблема классического эфира, эфира однородного, а вот эфир структурный (эфир Менделеева) вполне жив, только называется он сейчас структурным вакуумом или физическим вакуумом Дирака. Так что вопрос только в терминологии.

Вернёмся к элементам легче водорода. Любому химику известны гомологические ряды и то, как ведут себя их первые члены, особенно первый. Первый всегда особенный. Он всегда сильно выделяется из общего ряда. Водород размещают и в I и в VII группах (он в чём-то подобен и щелочным металлам, и галогенам одновременно). Так вот, водород не похож на первый... В поисках настоящих элементов нулевого периода мы попадаем совсем в другой мир, и похоже, что это мир элементарных частиц.

Понимание химии как науки о качественных изменениях, по мнению многих исследователей, в периодической системе проявляется наиболее отчётливо, а в самом начале системы просто ослепительно ярко. *«Распространёнейшие в природе простые тела имеют малый атомный вес, а все элементы с малым атомным весом характеризуются резкостью свойств. Они поэтому суть типические элементы»*, а по мере приближения к «нулевой точке» должны происходить просто фантастически «резкие» качественные скачки, что следует из её сингулярного характера, так как *«...здесь не только край системы, но и типические элементы, а потому можно ждать своеобразия и особенностей»*.

Мы часто говорим о фундаментальности периодического закона, но кажется, что по-настоящему этого всё-таки не понимаем. Повторим Менделеева: *«Сущность понятий, вызывающих периодический закон, кроется в общем физико-химическом начале соответствия, превращаемости и эквивалентности сил природы»*.

В заключение хочется привести слова Дмитрия Ивановича:

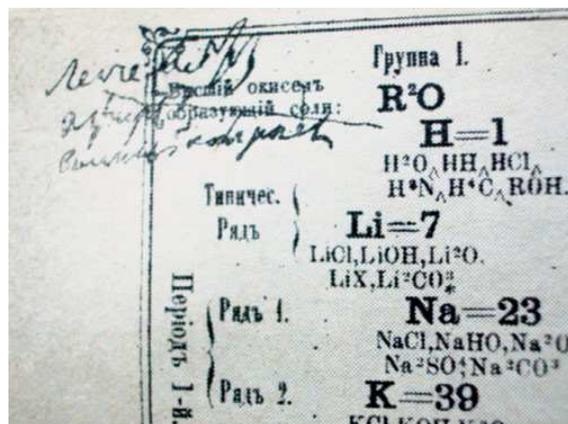
«Я и смотрю на свою далёкую от полноты попытку понять природу мирового эфира с реально химической стороны не более, как на выражение суммы накопившихся у меня впечатлений, вырывающихся исключительно лишь по той причине, что мне не хочется, чтобы мысли, навеваемые действительностью, пропадали. Вероятно, что подобные же мысли приходили многим, но, пока они не изложены, они легко и часто исчезают и не развиваются, не влекут за собой постепенного накопления достоверного, которое одно сохраняется. Если в них есть хоть часть природной правды, которую мы всё ищем, попытка моя не напрасна, её разработают, дополнят и поправят, а если моя мысль неверна в основаниях, её изложение, после того или иного вида опровержения, предохранит других от повторения. Другого пути для медленного, но прочного движения вперёд я не знаю».

\*\*\*

**ФИЗИЧЕСКИЙ ВАКУУМ** — в современном представлении основное состояние квантованных полей, своего рода среда, обладающая нулевыми электрическим зарядом, импульсом, угловым моментом и другими квантовыми числами. Поля имеют минимальную энергию, но подвержены флуктуациям с большой амплитудой. Возникновение квантовых идей привело к созданию универсальной картины единого строения материи. Вместо полей и частиц классической физики теперь рассматривают единые физические объекты — квантовые поля в четырёхмерном пространстве—времени, по одному на каждое «классическое» поле (электрическое, магнитное и пр.) и на каждый сорт частиц. Например, вакуум Дирака — это поле частиц со спином  $\frac{1}{2}$  (электронов, позитронов, мюонов, кварков и пр.). Каждое единичное взаимодействие частиц или полей — результат обмена квантами этих полей в точке пространства—времени. С некоторых точек зрения, физический вакуум проявляет свойства материальной среды, давая повод считать его «современным эфиром».

Периодическая система элементов по группам и рядам.

Ряд	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ:								
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0	Х								
1	у	Водородъ H 1,008							
2	Галл. He 4,0	Лит. Li 7,08	Берил. Be 9,1	Боръ B 11,0	Углеродъ C 12,0	Азотъ N 14,01	Кислородъ O 16,00	Фторъ F 19,0	
3	Натр. Na 23,0	Магн. Mg 24,38	Алюмин. Al 27,1	Кремний. Si 28,3	Кремний. P 31,0	Сера S 32,06	Хлоръ Cl 35,45		
4	Аргонъ Ar 38	Кальций Ca 40,1	Стронций Sr 87,6	Иттрий Y 89,0	Цирконий Zr 90,6	Нобий Nb 94,0	Молибденъ Mo 96,0	Марганецъ Mn 55,0	Железо Fe 55,9
5		Медь Cu 63,6	Цинкъ Zn 70,0	Галлий Ga 70,0	Германий Ge 72,5	Мышьякъ As 75	Селенъ Se 79,9	Бромъ Br 79,90	Никель Ni 59
6	Криптонъ Kr 81,8	Рубидий Rb 85,5	Серебро Ag 107,93	Кадмий Cd 112,4	Индий In 114,8	Олово Sn 118,0	Струв. Sb 122	Теллуръ Te 127	Йодъ I 127
7		Сезиумъ Cs 132,9	Барий Ba 137,4	Лантанъ La 138,9	Цезий Cs 140,2				
8									
9									
10				Иттрий Yb 173	Танталъ Ta 183	Вольфрамъ W 184		Осмиумъ Os 191	Иридий Ir 193
11		Золото Au 197,2	Ртуть Hg 200,0	Таллий Tl 204,1	Свинецъ Pb 206,9	Висмутъ Bi 208,5			Платина Pt 194,8
12			Радий Ra 226	Торий Th 232,5			Уранъ U 238,5		



Запись, сделанная рукой Д. И. Менделеева на странице с периодической системой 1871 года в его учебнике «Основы химии» 1871 года, хранящемся в архиве учёного: «Легче всех эфир, в миллионы раз»

По предложению Уильяма Рамзая Менделеев включает в периодическую таблицу нулевую группу, оставляя место для более лёгких, чем водород, элементов.

## «АСТРОЛОГИЯ И НАУКА» Глава из книги

Владимир Сурдин

### Ньютон и астрология

*«Из писем Цезаря: «Я получил в наследство это бремя суеверий... Вера в знаменья... приходит к нам, освященная обычаями предков, дыша безмятежностью детства, она поощряет бездеятельных и утешает бездарных».*

*Торнтон Уайлдер «Мартовские иды»*

Нынешние астрологи частенько говорят об одной фигуре, мимо которой и я не могу пройти. Как известно, диапазон научных интересов Исаака Ньютона (1642–1727) был чрезвычайно широк. А интересовался ли он астрологией? Весьма детально изучил этот вопрос голландский астроном и историк науки Роберт Ван Гент (1993 г.). Он утверждает, что в конце XVII в. научное сообщество уже совершенно не интересовалось астрологией, и в трудах крупнейших естествоиспытателей — таких как Гюйгенс и Ньютон, об астрологии вообще нет ни строчки. Правда, — добавляет Ван Гент, — в современной астрологической литературе частенько утверждается, что Ньютон занимался астрологией тайно (подобно тому, как он действительно тайно занимался алхимией). В подтверждение того, что великий ученый интересовался звездочтением, нередко приводится исторический анекдот о том, что как-то раз в присутствии Ньютона его коллега Эдмонд Галлей (1656–1742) непочтительно отозвался об астрологии, на что Ньютон резко возразил: «Сэр Галлей! Я изучал этот предмет, а Вы — нет!» И так, изучал ли Ньютон астрологию?

К трехсотлетию создания величайшего труда Ньютона, «Математических начал натуральной философии» (1687), было опубликовано множество исследований его жизни и работ. Ни в одном из них не упоминается об астрологических интересах Ньютона. Более того, крупнейший исследователь его творчества, английский историк науки Дерек Томас Уайтсайд установил<sup>1</sup>, что среди 50 миллионов слов, вышедших из-под пера Ньютона, слово «астрология» не встречается ни разу! А утверждение, что в Оксфордской библиотеке хранится уникальная астрологическая рукопись Ньютона, оказалось неправдой.

В личной библиотеке Ньютона, насчитывавшей к моменту его смерти 1752 тома, было 477 книг по теологии, 169 по алхимии, 126 по математике, 52 по физике и 33 по астрономии; и лишь 4 книги, так или иначе, имели отношение к астрологии. Что же касается фразы, брошенной Ньютоном Галлею, якобы в споре об астрологии, то историки восстановили весь путь рождения этого анекдота. Как известно, Ньютон был религиозный человек. Каждый раз, когда его младший коллега Галлей отваживался сказать что-либо неуважительное по отношению к религии, Ньютон прерывал его фразой: «I have studied these things — you have not!»<sup>2</sup>.

По-видимому, те, кто говорит, что Ньютон занимался астрологией, недостаточно внимательно изучали его биографию. Мы можем обратиться к наиболее полному жизнеописанию великого физика в отечественной литературе — книге Владимира Карцева «Ньютон»<sup>3</sup>. Фигура гениального англичанина выписана в ней весьма подробно и, действительно, выглядит не столь однозначной, как в школьном учебнике физики. Помимо работы над естественно-научными проблемами и математическими методами, Ньютон был серьезно увлечен древнейшей историей и ее сопоставлением с библейскими текстами. Особенно глубоко он исследовал библейские пророчества и даже оставил после себя рукопись «История пророчеств»; возможно, это и стало причиной мифа о Ньюtone-астрологе. Но и в этой работе приемами астрологов Ньютон не пользовался. Он искал метафоры в библейских текстах, пытаясь перевести образный язык пророчеств на язык географии и истории. Основной труд Ньютона на эту тему был переведен на русский язык под названием «Замечания на книгу Пророка Даниила и Апокалипсис св. Иоанна» и издан в 1916 г.

На основе своих исследований Библии Ньютон занялся пересмотром древней истории цивилизации, собрав результаты этого труда в своей «Краткой хронологии». Вот как характеризует эту работу В. Карцев (с. 363):

«Основной идеей этого труда Ньютона было устранение расхождений между хронологией светской и хронологией Ветхого Завета. Причем за жесткую основу сопоставления бралась именно Библия. Таким образом, Ньютону нужно было привести в полное соответствие библейскую историю, насчитывающую до Христа четыре тысячи лет, и светскую историю, насчитывающую, например, для Египта почти пятнадцать тысяч лет. И Ньютон начинает безжалостно скашивать года Египту и другим странам. Его основной тезис — все народы сильно преувеличивают свою древность, стараясь выделиться друг перед другом. «Все нации, прежде чем они начали вести точный учет времени, были склонны возвеличивать свою древность. Эта склонность увеличилась еще больше в результате состязания между нациями». Чтобы подтвердить свою несуществующую древность, считает Ньютон, египетские жрецы пошли даже на то, чтобы пустить в ход миф об Атлантиде, смутив им Платона.

Ньютон отказывался верить в то, что во времена египетского Древнего царства в нем правило чуть не триста царей со средней продолжительностью каждого царства 33 года; Ньютон поступает с царями просто — находит в этом длинном списке похожие имена и сходные жизнеописания, считает обоих царей за одного и вычеркивает всех промежуточных. Так Ньютон сократил сразу чуть не сотню царей и убавил Египту древности на несколько тысячелетий. Он пошел и дальше, приняв за среднюю продолжительность царствования не 33 года, а 18–20 лет. Это сократило историю еще почти вдвое, ибо промежутки времени для светской истории умножились теперь на 4/7. Для того чтобы египетская история стала еще короче, он делает смелый шаг, отождествляя египетского царя Сесостриса с Осирисом-Вакхом. Тогда Египетское государство начинается с XI века до нашей эры.

Такими приемами ему удалось жестко совместить библейскую и светскую историю, найти связующие их имена и исторические события. Здесь со стороны Ньютона — масса произвола, неточностей и натяжек; но в то время, когда не знали ценности археологических раскопок, не расшифровали клинописные таблички, его работа выделялась среди других благодаря его остроумию, а также владению им астрономическими, математическими и филологическими методами и, наконец, в силу страсти, которую он вложил в эти изыскания.

Ньютон утверждал, что точность его исторических построений лежит в пределах 5–10 лет; в редких случаях он соглашался на двадцатилетнее расхождение с истинной хронологией. Он указывал, что им достигнуто совпадение астрономического и исторического пути доказательств. Заметим, что в те годы астрономические доказательства были новинкой в исторических исследованиях; Ньютон и здесь открыл новое направление. Спустя столетия этим же путем в своих изысканиях пошли и другие «творцы новой истории». Я рад, что тема моей книги не требует углубляться в эти весьма неоднозначные исследования.

Что же касается Ньютона и астрологии, то мне известно лишь два замечания его биографов на эту тему. Своему племяннику Джону Кондуиту (1688–1737) Ньютон рассказывал, что его увлечение точными науками значительно усилилось летом 1663 г., когда, уже будучи студентом Кембриджского университета, он купил на ярмарке книгу по астрологии и хиромантии; как раз одну из тех четырех, что сохранились в его библиотеке. Озадаченный невразумительными диаграммами и вычислениями, попавшимися ему в этой книге, Ньютон купил несколько серьезных руководств по геометрии и математике (Евклида, Декарта и др.) и вскоре «убедился в тщетности и пустоте научных претензий юдициарной астрологии» (Ван Гент).

Второй случай произошел уже в годы глубокой старости гения: одному из своих собеседников Ньютон рассказывал как-то, что родился он на Рождество 1642 года, и что, как он полагает, «Рождество — вообще очень благоприятный момент для рождения гениев» (Карцев, с. 398). Мне трудно решить, чего в этих словах больше — юмора или тщеславия, но уж явно не астрологии.

## Дело Коперника

**Кристофер Грэни (Christopher M. Graney)** - профессор физики и астрономии из Общественного и технического колледжа Джефферсона в Луисвилле, штате Кентукки. Вместе со своей женой Кристиной переводит с латыни труды по астрономии XVIIв.

**Деннис Дэниелсон (Dennis Danielson)** – профессор английского языка, работает в Университете Британской Колумбии; занимается исследованием культурного значения революционной теории Коперника. Недавно был приглашенным стипендиатом Университета Людвиг Максимилиана в Мюнхене.

*Революционное заявление Коперника о том, что Земля обращается вокруг Солнца, встретило неприятие не столько со стороны духовенства: были свидетельства тому, что право на существование имеет альтернативная космологическая теория.*

В 2011г. из Европейской организации по ядерным исследованиям (CERN), расположенной вблизи Женевы, был послан пучок нейтрино в Национальную лабораторию Гран – Сассо в Италии. Когда физики оценили время, за которое нейтрино преодолели расстояние в 730 км, разделяющее эти два научных центра, они с удивлением обнаружили, что скорость частиц превышала скорость распространения света в вакууме. Как отреагировало научное сообщество на эти невероятные данные?

Почти все как один оппоненты, будучи приверженцами теории Альберта Эйнштейна, согласно которой ничто в природе не движется быстрее света, заявили, что, скорее всего, в измерениях допущена ошибка.

Теперь попробуем перенестись на четыре столетия вперед в будущее, когда идеи Эйнштейна уступили место более прогрессивным. И уже давным – давно экспериментально показано, что нейтрино на самом деле способны перемещаться быстрее света. Как же оглядываясь на физиков XXI в., объяснить их нежелание принимать очевидные факты? Следует ли отсюда, что они – упертые ортодоксы, которым чужды новые идеи и которые неукоснительно придерживаются устоявшихся взглядов?

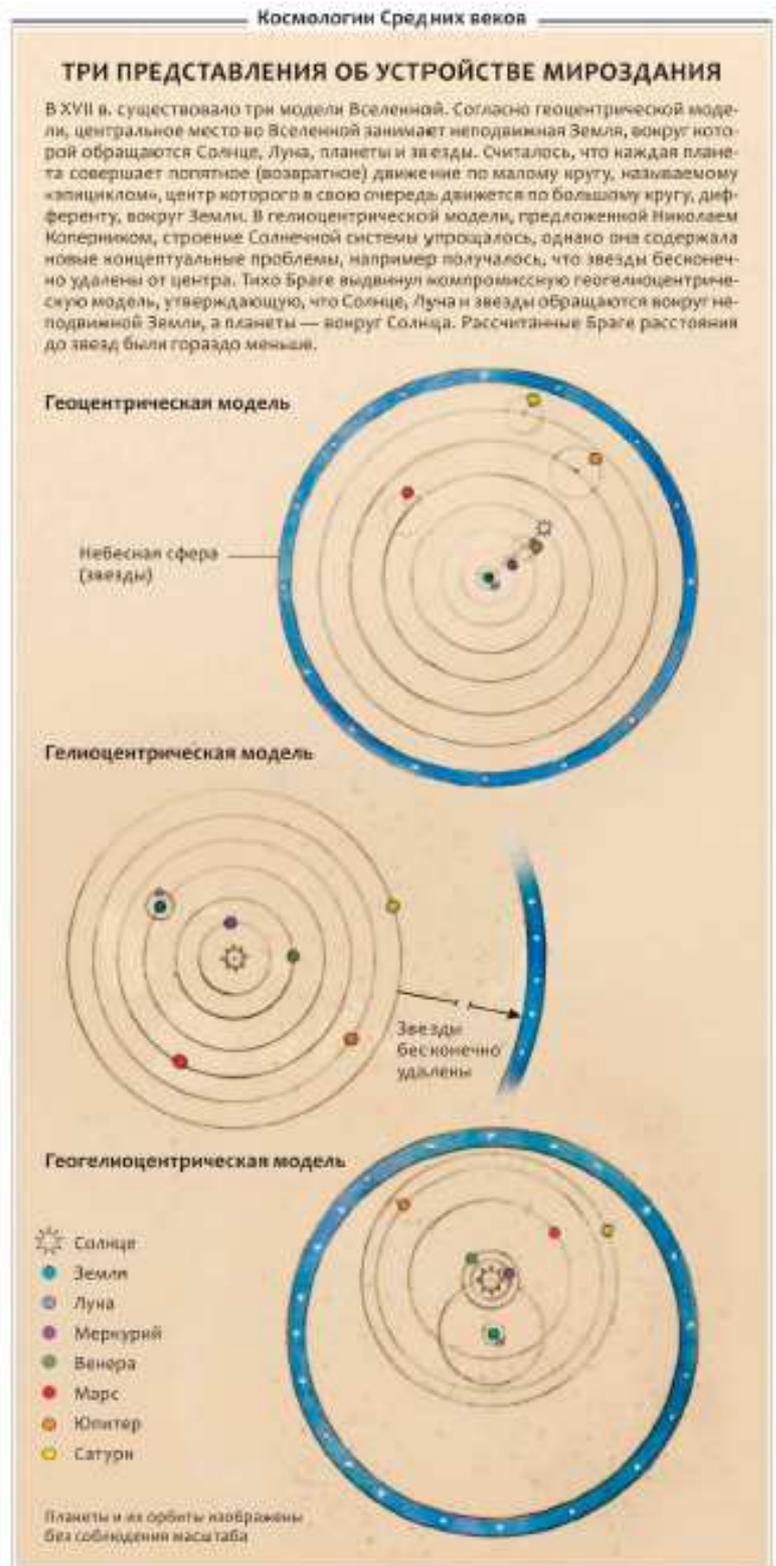
Мы надеемся, что наши ученые – консерваторы со временем получают более убедительные аргументы, чем представленные выше. Что касается их нежелания отказываться от кажущихся незыблемыми представлений – а ведь не исключено, что в конечном счете они будут признаны ошибочными, - то оно имеет научную основу, а вовсе не представляет собой обычное упрямство. В истории науки подобные вещи случались не так уж редко. В XIX в. Астрономы полагали, что галактика Млечный Путь – это целая вселенная, и когда получили первое изображение галактики Андромеда, они были уверены, что перед ними отдельная звезда с зарождающейся планетарной системой, а вовсе не то, что нам теперь хорошо известно: находящаяся на большом расстоянии совокупность множества- возможно, до триллиона – звезд. Точно так же и Эйнштейн был уверен, что Вселенная неизменна, и исходя из этого ввел в свои уравнения космологическую константу. Оба предположения были вполне разумны – и оба неверны. В статье, опубликованной в нашем журнале в 2012 г., Дэвид Кайзер (David Kaiser) из Массачусетского технологического института и Анджела Кригер (Angela N.H. Creager) из Пристонского университета утверждали, что идея может быть ошибочной и в то же время продуктивной (Кайзер Д., Кригер А. Как правильно ошибаться? //ВМН, № 8, 2012). И, как всегда, время все расставляет по своим местам.

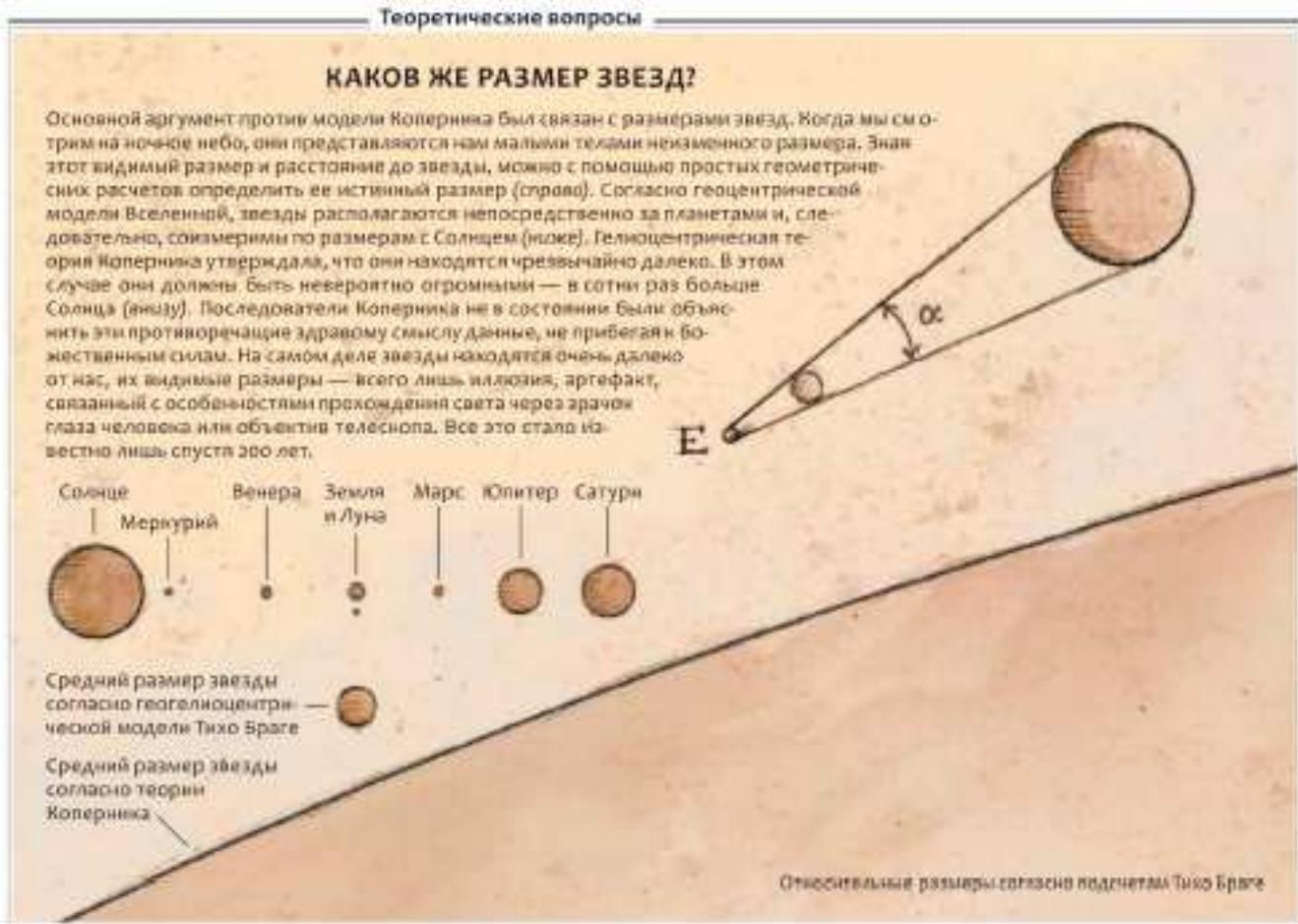
Что касается сверхскоростных нейтрино, то время для окончательных выводов не пришло. Однако здесь стоит вспомнить одну замечательную историю. Речь идет о Николае Копернике и его считающейся справедливой по сей день гелиоцентрической теории, согласно которой Земля поворачивается вокруг своей оси за 24 часа и совершает один оборот вокруг Солнца за год. Гелиоцентрическая система Коперника пришла на смену и стала полной противоположностью господствовавшей долгое время геоцентрической теории, которую во II в.н.э. сформулировал в своем труде «Альмагест» древнегреческий астроном Птолемей. В соответствии с ней центральное место во Вселенной занимает Земля, вокруг нее обращаются Солнце, Луна, планеты и звезды.

Свои революционные идеи Коперник изложил в 1543 г. в книге «Об обращениях небесных сфер» (*De revolutionibus orbium coelestium*), которую с большим интересом прочли многие ученые того времени, оставили свои комментарии и взяли на вооружение при проведении астрономических расчетов. Однако к началу XVII в., спустя 57 лет, не более дюжины авторитарных астрономов отказались от идеи неподвижности Земли. Большинство же по-прежнему придерживались привычной геоцентрической системы мира, к которой, если уж быть откровенными, мы сами до сих пор прибегаем в повседневной жизни, говоря, например, о восходе или закате солнца.

Казалось, дело сдвинулось с мертвой точки, когда Галилео Галилей в 1609 г. собрал телескоп и стал с его помощью наблюдать за звездами, Луной и планетами. Однако истина так и не была установлена. С 1609 г. прошло уже очень много времени, но астрономы по-прежнему находят все новые аргументы против учения Коперника.

Это наглядно показывает, что не следует безоговорочно принимать революционные идеи, даже если на первый взгляд они кажутся безупречными и в конце концов оказываются верными.





Горячие споры и множество сомнений вызвала компромиссная модель, которую в 1588 г. предложил датский астроном Тихо Браге. Эта новая «геогелиоцентрическая» система мира представляла собой комбинацию учений Птолемея и Коперника и имела два основных преимущества: с одной стороны, она отвечала интуитивным представлениям об устройстве мира, с другой – согласовывалась с имеющимися фактами лучше, чем система Коперника.

Браге был чрезвычайно деятельной натурой. Он развернул обширную научно-исследовательскую деятельность, построив огромную похожую на замок обсерваторию и оборудовав ее самыми точными приборами и инструментами, привлек лучших помощников, которых только можно было найти. Материалы наблюдений Браге за Марсом помогли его преемнику Иоганну Кеплеру в формировании законов движения планет и объяснении природы эллиптичности их орбит. Оуэн Гингерич (Owen Gingerich), историк из Гарвардского университета, часто иллюстрирует значимость трудов Браге, ссылаясь на собранные в середине XVII в. Античным немецким астрономом Альбертом Курцем (Albert Curtius, 1600-1671) данные по астрономии начиная с античных времен: основная масса накопленных в течение двух тысячелетий сведений в этой области получена Браге.

На этого в высшей степени образованного астронома произвела глубокое впечатление элегантность системы Коперника. Однако некоторые ее моменты его не устраивали. В частности, Браге беспокоило отсутствие физического обоснования причин, по которым Земля движется (Браге жил более чем за 100 лет до появления физики Ньютона, которая дала объяснение этому явлению.) К тому времени были достаточно хорошо известны размеры Земли, а также вес шара, состоящего из горных пород диаметром в несколько тысяч километров. Что могло заставить такое огромное небесное тело двигаться вокруг Солнца, если даже тащить по дороге груженую повозку стоит больших усилий?

В отличие от этого движение таких небесных тел, как звезды и планеты, объяснялось просто: еще со времен Аристотеля считалось, что все они состоят из эфира, которого на Земле не существует. Это вещество по своей природе совершает быстрое вращательное движение – так же как тележка совершенно естественно останавливается, если перестать тянуть ее изо всех сил. Браге говорил, что система Коперника «искусно обходит все то, что есть противоречивого в системе Птолемея <...>. Однако она допускает, что Земля – это массивное, медлительное,

непригодное для движения тело – способна перемещаться так же быстро, как состоящие из эфира светила». В этом отношении астрономы Средневековья в чем-то сходны с современными астрофизиками, которые для объяснения наблюдаемых явлений прибегают к предположению, что большую часть Вселенной составляют «темная материя» или «темная энергия», о которых мы на самом деле ничего не знаем.

Кроме того, Браге не устраивало, как в системе Коперника представлено местоположение звезд. Как говорил Птолемей, небесная сфера «неизмеримо велика», потому что мы не наблюдаем суточного параллакса звезд – изменения их видимого положения, связанного с изменением углов и расстояний между ними и находящимся на Земле наблюдателем по мере их прохождения по небосводу с момента появления над линией горизонта и до захода. Отсюда с неизбежностью следовало, что диаметр Земли бесконечно мал по сравнению с расстоянием до звезд. «В звездном масштабе Земля – это просто точка» – писал Птолемей.

Однако Копернику было известно, что мы не наблюдаем даже годичный параллакс – изменение видимого относительного положения звезд, обусловленное орбитальным движением Земли. Если бы Земля на самом деле обращалась вокруг Солнца, то отсутствие годичного параллакса означало бы, что диаметр ее орбиты (Коперник называл ее *orbis magnus*) бесконечно мал – «просто точка». В таком случае представление о размерах Вселенной в корне меняется – это кажется невероятным, но она «бесконечно велика».

Далее Браге знал, что в модели Коперника большое значение придается размерам не только Вселенной в целом, но и отдельных звезд. Когда мы смотрим на ночное небо, то кажется, что каждая звезда имеет определенный размер (его оценивали как Птолемей, так и Браге). Согласно сегодняшним представлениям, удаленные звезды – это яркие точечные источники света, а их видимые размеры – артефакт, связанный с особенностями прохождения света через круглое отверстие, например объектив телескопа или зрачок глаза.

В то время астрономы ничего не знали о волновой природе света. Пытаясь выяснить, действительно ли в том случае, если звезды находятся на расстояниях, которые рассчитал Коперник, их размеры должны быть сопоставимы с таковыми для *orbis magnus*, Браге пользовался элементарной геометрией. Тогда даже самая маленькая звезда будет казаться настолько больше Солнца, насколько грейпфрут больше точки в конце предложения. И в это тоже было очень трудно поверить – по мнению Браге, таких колоссальных звезд просто не может быть на свете. Как пишет историк науки Альберт ван Хелден (Albert Van Helden), «логика Браге была безупречна: его измерения не вызывали никаких сомнений. Сторонникам теории Коперника не оставалось ничего другого, как принять следующие из него выводы».

Но вместо этого они стали ссылаться на могущество божественных сил. «Эти вещи, кажущиеся на первый взгляд абсурдными, таковыми вовсе не являются, поскольку божественные Мудрость и Величие далеко превосходят наше понимание, – писал последователь Коперника Кристоф Ротман (Christoph Rothman) в письме Браге. – Даже если Вселенная и звезды будут так велики, как вам хочется, они не смогут сравниться с безграничностью Создателя. Ведь чем могущественней повелитель, тем большие территории ему подвластны. Так можно ли говорить об ограниченности пространств, подвластных Богу?»

Не придавая значения подобным аргументам, Браге выдвинул свою собственную систему: Солнце, Луна и звезды в ней, как и в системе Птолемея, обращаются вокруг неподвижной Земли, а планеты движутся по орбитам вокруг Солнца, как у Коперника. Система Браге обладала определенными преимуществами геоцентрической. В ее рамках не было необходимости объяснять, как и почему движется громадная неповоротливая Земля. Не было также никаких проблем с ненаблюдаемым суточным параллаксом – не нужны были чрезвычайно большие расстояния и звезды – гиганты: звезды, согласно Браге, располагаются непосредственно за планетами и имеют вполне приемлемые размеры. Однако в том, что касалось планет, системы Браге и Коперника с математической точки зрения ничем не отличались друг от друга. Таким образом, система Браге сохранила математическое изящество системы Коперника, избавившись при этом от всего лишнего и противоречивого, что было в системе Птолемея.

Начав вести наблюдения за небом с помощью своего телескопа, Галилей совершил множество открытий, которые очевидным образом противоречили древней космологии Птолемея. Он обнаружил спутники Юпитера, доказав, что во Вселенной может быть больше одного центра вращения, наблюдал фазы Венеры, а это означало, что планета обращается вокруг Солнца. Однако всех этих открытий оказалось недостаточно для доказательства движения Земли вокруг Солнца, потому что они ни в чем не противоречили системе Браге.

В середине 1600 – х гг., как раз вскоре после ухода из жизни основоположников астрономии – Коперника, Браге и Галилея, итальянский астроном Джованни Баттиста Риччоли (Giovanni Battista Riccioli) опубликовал свод астрономических знаний своего времени, которому дал название (по примеру основополагающего труда Птолемея) «Новый Альмагест» (Almagestum Novum). Риччоли привел взвешенные аргументы за и против гелиоцентрической системы Коперника, а так же доводы, касающиеся астрономии, физики и религии. Однако Риччоли считал, что два основных аргумента решительным образом не согласуются с теорией Коперника. Оба они имели научные обоснования и оба исходили из идей Браге. Ни на один из них в течение нескольких сотен последующих лет не находилось серьезных возражений.

Первый аргумент состоял в том, что никто не мог обнаружить никакого влияния вращения планет на траекторию подброшенного вверх или свободно падающего тела. Браге интуитивно чувствовал, что такое влияние должно проявляться в отклонении траектории тела от прямой. Однако подобного отклонения не удавалось заметить вплоть до XIX в. Пока французский ученый Гаспар – Гюстав де Кориолис (Gaspard – Gustave de Coriolis) дал соответствующего математического обоснования.

Второй аргумент касался соображений Браге о размерах звезд, которые Риччоли скорректировал по результатам своих наблюдений с помощью телескопа. (Браге не пользовался телескопом.) Проведя многократные измерения диаметра звезд, он обнаружил, что они выглядят меньшими по размеру, чем предполагал Браге. Применение телескопа давало надежду на то, что наконец-то удастся зафиксировать годичный параллакс, но этого не произошло. Отсюда следовало, что звезды находятся еще дальше, чем считал Браге. Напрашивался очевидный вывод: как и утверждал Браге, звезды имеют колоссальные размеры.

Риччоли не поддерживал последователей Коперника в их склонности сводить все к божественному всемогуществу в подходе к этой научной проблеме. Будучи членом католического ордена иезуитов, он ни в коем случае не отрицал величия не отрицал величия Создателя, но категорически возражал против обращения к нему в научных дискуссиях. «Даже если несостоятельность заключения невозможно доказать более – менее образованный человек не будет утверждать, что оно ложно».

Итак, чтобы признать учение Коперника, не доставало достоверных научных данных, подтверждающих его революционные идеи о размерах звезд и Вселенной. В 1674 г. Роберт Гук (Robert Hook), куратор экспериментальной деятельности Лондонского королевского общества, вынужден был признать: «Вопрос о том, движется ли Земля или она неподвижна, остается нерешенным со времен Коперника, несмотря на то что он занимал умы лучших современных астрономов и философов. Среди них не нашлось ни одного, кто дал бы определенный ответ».

Во времена Гука большинство ученых приняли учение Коперника, хотя некоторые противоречия оставались неразрешенными. Никому по-прежнему не удалось зарегистрировать годичный параллакс. Лишь в 1838 г. немецкий математик и астроном Фридрих Вильгельм Бессель (Friedrich Wilhelm Bessel) впервые получил достоверные данные о нем для звезды 61 Лебедя. Примерно в то же время выдающийся английский астроном сэр Джордж Биддель Эйри (Sir George Biddell Airy) разработал способ определения параллакса Солнца и представил полное теоретическое объяснение, почему звезды кажутся нам крупнее, чем они есть на самом деле, а Фердинанд Райх (Ferdinand Reich) успешно измерил отклонение свободно падающих тел, связанное с вращением Земли. И, конечно, физика Исаака Ньютона, идущая вразрез с системой Браге, объяснила наконец, почему движется «громоздкая и неповоротливая» Земля.

Во времена же Галилея и Риччоли наука, опирающаяся на результаты наблюдений, была на стороне противников системы Коперника. В конечном счете их взгляды были признаны ошибочными, но это не умаляет их заслуг перед наукой. Опровержение сильных аргументов оппонента было, есть и будет неотъемлемой частью любой дискуссии – так же как и частью того удовлетворения, которое дают научные изыскания.

Первод: Н.Н. Шафрановская

# БАСОВСКАЯ Наталия Ивановна

**доктор исторических наук, профессор, заведующая кафедрой всеобщей истории Историко-архивного института РГГУ, директор учебно-научного Центра визуальной антропологии и эгоистории, содиректор Российско-американского центра библеистики и иудаики. Председатель диссертационного совета РГГУ, заместитель председателя диссертационного совета РГГУ.**

Родилась 21 мая 1941 года в Москве

Специалист по истории средних веков Западной Европы. Занимается проблемами истории международных отношений в Западной Европе XII—XV вв., политической истории Англии и Франции, истории исторической науки. В РГГУ (МГИАИ) с [1971 года](#). Читает курс лекций «Всеобщая история. Средние века. Запад», спецкурс «Леопард против лилии...».

Награждена медалью «В память 850-летия Москвы» (1997), имеет почётное звание «Заслуженный профессор Российского государственного гуманитарного университета» (2006). Автор более 150 работ.

## Образование и учёные степени

Окончила исторический факультет [Московского государственного университета](#) (1963, с отличием), специализировалась по кафедре истории средних веков. Училась у академика [Сергея Даниловича Сказкина](#) и профессора [Евгении Владимировны Гутновой](#), бывшей научным руководителем при подготовке её диссертации. Кандидат исторических наук (1969; тема диссертации — «Английская политика в Гаскони в конце XIII — начале XIV вв.»). Доктор исторических наук (1988; тема диссертации: «Англо-французские противоречия в международных отношениях Западной Европы второй половины XII — середины XV вв.»). Профессор (1989). Заслуженный профессор [Российского государственного гуманитарного университета](#) (2006).

## Научно-педагогическая деятельность

С [1971](#) — преподаватель кафедры всеобщей истории Московского государственного историко-архивного института (МГИАИ; затем Историко-архивного института Российского государственного гуманитарного университета — ИАИ РГГУ). Специалист по истории средних веков Западной Европы. Занимается проблемами истории международных отношений в Западной Европе XII—XV вв., политической истории Англии и Франции, истории исторической науки. Читает курс лекций «Всеобщая история. Средние века. Запад», спецкурс «Леопард против лилии...». В 1970-е годы организовала фильмы.

Заведующая кафедрой всеобщей истории Историко-архивного института РГГУ, директор учебно-научного Центра визуальной антропологии и эгоистории, содиректор Российско-американского центра библеистики и [иудаики](#). В [1988—2006](#) — проректор по учебной работе МГИАИ (затем РГГУ). при кафедре КИДИС (студенческий кружок истории древности и Средневековья), который организовал «суды истории» — театрализованные обсуждения судеб известных исторических персонажей. О некоторых «судах истории» в [1991—1993](#) были сняты документальные.

Вместе с главным редактором этой радиостанции «[Эхо Москвы](#)» [Алексеем Венедиктовым](#) была ведущей исторической передачи «[Не так](#)» на этой радиостанции. С 2006, также вместе с Венедиктовым, ведущая исторической передачи «[Всё так](#)».

## Труды

Экономические интересы английской короны в Гаскони в конце XIII — начале XIV вв. // Вестник МГУ. Серия История. 1968. № 2.

Место городов-крепостей (бастид) в гасконской политике Англии конца XIII столетия // Вестник МГУ. Серия История. 1969. № 3.

К вопросу об английской политике в Гаскони в конце XIII в. (По данным «Гасконских свитков») // Средние века. Вып. 33. М., 1971.

Историография проблемы перехода от античности к средним векам в Западной Европе // Вопросы историографии в курсах всеобщей истории. Вып. 3. М., 1975.

Проблемы Столетней войны в современной английской и французской историографии // Средние века. Вып. 45. М., 1982.

Политическая борьба в Англии и Франции первой половины XV в. и Столетняя война // Идеино-политическая борьба в средневековом обществе. М., 1984.

Басовская Н. И. Столетняя война 1337—1453 гг.: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 1985. — 185 с. — (Библиотека историка). — 20 000 экз.

Цель истории — история: сборник статей. М., 2002.

Столетняя война: леопард против лилии. М., 2002.

Французский средневековый город и рождения национального самосознания // Городской универсум: эволюция культуры и социальные метаморфозы. М.; Квебек, 2005.

«Человек в зеркале истории. Эхо истории на Эхо Москвы», 2008.

Радиопередача «Всё так» на радио Эхо Москвы (2006—2011)

**По мнению Н.И. Басовской**, гуманитарные науки отличаются интересом и вниманием к человеку, его деятельности, и в первую очередь — деятельности духовной. В одном из интервью она сказала: *Знаете, что меня поддерживает в надежде понять людей прошлого? Был такой историк XX века Марк Блок, основоположник знаменитой Школы анналов. Во время войны его расстреляли фашисты за участие в Сопротивлении. Великий человек и великий историк. Он совершил переворот в исторической науке, сказав: «Для того чтобы что-то реально узнать о прошлом, нам прежде всего надо стремиться понять, что было в головах людей». Мы же, задавленные на долгое время догматическим, примитивным марксизмом, долбили какие-то «производительные силы». Однажды в школе, где я давала мастер-класс, ребенок сказал: «В Италии очень хорошо развивалось сукноделие. И поэтому там появились такие художники, как Рафаэль, Микеланджело, Леонардо да Винчи». Вот горе-то! На самом же деле, история — это история людей. Это мы сами. Марк Блок приблизился к самому существу. История — одна из труднейших наук потому, что это — самопознание человечества. А древние не зря говорили: «Познай себя». Самая трудная задача! Вот я в этом самопознании не вдруг, не сразу, но пришла к тому, что ничего интереснее человека нет.*

## **КИСЕЛЕВ Сергей Львович**

---

***доктор биологических наук, профессор лаборатории генетических основ клеточных технологий Института общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, ведущий цикла научно-популярных передач «От Адама до атома», Лауреат премии Правительства РФ.***

Родился 2 апреля 1958 года в г. Москва

Окончил Московский инженерно-физический институт в 1982 году, работал во Всероссийском научно-исследовательском институте генетики по клонированию генов растений (лаборатория Винецкого Ю. П.).

С 1988 года работал в Институте общей генетики РАН (лаборатория Герасимовой Т. И.), затем перешёл в Институт биологии гена РАН, где с 1995 года работал в лаборатории Георгиева Г. П.

С 1999 года руководитель группы генной терапии рака, с 2001 года заведующий лабораторией молекулярной генетики рака, доктор биологических наук, профессор.

Автор более 80 работ (30 в зарубежных изданиях).

Работал за границей: 1989-1990 г. — John Hopkins University, USA; 1994-1995 — St. Georges Hospital, UK; 1995 — St. Andrews University, UK.

Лауреат премии Правительства РФ.

Ведущий цикла научно-популярных передач «От Адама до атома»

# МАЛИНЕЦКИЙ Георгий Геннадьевич

*профессор, доктор физико-математических наук, заведующий отделом моделирования нелинейных процессов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН*

Родился в 1956 году в городе Уфа.

В 1973 году закончил [среднюю школу № 62](#).

В 1979 году закончил с отличием физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова (кафедра математики).

В 1982 году закончил аспирантуру ИПМ АН СССР и защитил кандидатскую диссертацию, а в 1990 году докторскую.

С 1982 года и по настоящее время работает в ИПМ. С 2000 по 2010 год в должности заместителя директора по науке.

Лауреат премии Ленинского комсомола (1985) и премии Правительства Российской Федерации в области образования (2002).

Вице-президент Нанотехнологического общества России (2003),

действительный член Академии военных наук (2009), член Экспертного совета МЧС России, член Общественного совета по проблемам военно-промышленного комплекса при заместителе Председателя Правительства РФ (2012)

## **Область научных интересов**

Специалист в области прикладной математики, математического моделирования нелинейных процессов и нелинейной динамики, автор и соавтор более 550 научных работ, в том числе шести монографий, выдержавших более 20 изданий в России, США, Испании. Ряд работ представлен на сайте [по управлению риском risk.keldysh.ru](http://по управлению риском risk.keldysh.ru), и на сайте [посвящённом проблемам синергетики](#).

Основная область научных интересов — прикладная математика, компьютерный анализ, прогноз поведения сложных систем, методы анализа данных, управление риском, математическая история.

Первые работы - в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН в 1977-1982 гг. были связаны с анализом нестационарных диссипативных структур, развивающихся в режиме с обострением, в нелинейных системах типа реакция-диффузия. Эти работы велись под руководством академика А.А. Самарского и член-корреспондента РАН [С.П. Курдюмова](#). В них на основе результатов вычислительного эксперимента и асимптотического описания была построена теория взаимодействия тепловых структур в многомерных областях. Выяснены качественные особенности процессов в многокомпонентных системах типа реакция — диффузия и показано, что структуры, развивающиеся в режиме с обострением, могут возникать в этом случае при сравнительно слабых нелинейностях.

Исследовал широкий круг проблем лазерной термохимии и теории СВЧ-пробоя. Выделен класс задач, в которых на развитой стадии могут возникать пространственно локализованные диссипативные структуры. Построенная теория позволила обнаружить предсказанные эффекты при воздействии лазерного излучения небольшой мощности на поверхность металлов. Эти работы велись совместно с сотрудниками Института общей физики РАН, лаборатория член-корреспондента РАН В.Ф. Бункина. Подход, развитый Г.Г. Малинецким, позволил объяснить ряд качественных эффектов, наблюдаемых при СВЧ-пробое в верхних слоях атмосферы.

В 1982-1990 гг. были выполнены пионерские работы по теории систем типа реакция-диффузия. В частности, была построена и изучена иерархия математических моделей для описания сложной упорядоченности и диффузионного хаоса в небольших пространственных областях. Это позволило предсказать ряд качественных эффектов. Среди них возникновение двухчастотных режимов и "хаотических спиральных волн" в рассматриваемых средах. Позже в России и Германии их обнаружили экспериментально и выяснили их роль в возникновении сердечных аритмий.

Им впервые был получен и исследован ряд модельных уравнений, играющих роль нормальных форм в системах типа реакция-диффузия с малой диффузией. Было показано, что построенная иерархия упрощенных моделей для систем типа реакция-диффузия принципиально отличается от иерархии, построенной для описания подогреваемого снизу слоя жидкости (конвективная неустойчивость). В последнем случае имеет место эффект "ложного хаоса", и на основе простейших моделей не удастся предсказать поведение решений исходных гидродинамических

уравнений. На основе асимптотического подхода и результатов вычислительного эксперимента Г.Г. Малинецким было показано, что в случае систем типа реакция-диффузия качественные особенности аттракторов системы дифференциальных уравнений в частных производных могут быть предсказаны, исходя из информации об аттракторах одномерных и двумерных отображений и сравнительно простых динамических систем.

В 1989-1994 г.г. им были получены принципиальные результаты в области прогноза поведения сложных систем. Были разработаны эффективные вычислительные алгоритмы оценки количественных характеристик динамического хаоса по временному ряду наблюдений, широко применяемые в настоящее время. Эти методы были эффективно использованы при решении ряда задач геофизики, гидродинамики, медицинской диагностики. Был предложен ряд новых подходов к прогнозу редких катастрофических событий. В частности, были разработаны новые модели теории самоорганизованной критичности и распознающие нейронные сети с хаотическим поведением элементов. Применение последних резко снижает возможность ложного распознавания образов и вероятность эффекта "ложной памяти".

В 1993-2003 гг. под его руководством выполнен ряд принципиальных работ по моделированию и прогнозу развития высшей школы. Им были предложены новые классы математических моделей — динамические системы с "джокерами" и нейронные сети с переменной структурой связей, которые оказались эффективными при анализе ряда проблем теории риска, математической психологии, большого класса социальных процессов.

В 2003-2009 гг. под руководством Г.Г. Малинецкого и при его непосредственном участии был предложен ряд компьютерных моделей для анализа, прогноза и мониторинга инновационных процессов в экономике России. Коллективом исследователей под его руководством была разработана теория управления риском, опирающаяся на методы и модели нелинейной динамики. Построенная теория позволяет эффективно использовать методы и подходы, ранее применявшихся в фундаментальных исследованиях для прогноза и предупреждения ряда бедствий и катастроф, нестабильностей в социальных системах. Эти принципиальные результаты в настоящее время широко используются в Министерстве по чрезвычайным ситуациям РФ.

В 2009-2012 г. выдвинул концепцию когнитивных центров - инструментов выработки и поддержки принятия решений, экспертизы и управления проектами и программами. Когнитивные центры расширяют возможности ситуационных центров, позволяя активно использовать системы математических моделей, потенциал территориально распределённого экспертного сообщества, алгоритмы прогноза кризисов и работы с большими информационными потоками. Используя этот инструмент были выполнены работы по системному анализу лесных пожаров. Результаты этих работ подтвердились летом 2010 года. В рамках научно-образовательного центра ИПМ, с использованием этого инструмента был решён ряд задач в интересах Чувашской республики, Москвы, Московской области, Башкортостана, республики Якут(Саха) а также Министерства внутренних дел РФ, компании "Волга-Днепр", Национального совета по оценочной деятельности, кластера "Сколково". Один из результатов, полученных в этом направлении прикладной синергетики является обоснование создания отрасли рециклинга отходов в Российской Федерации. С 2009 по 2011 являлся ответственным исполнителем проекта "Комплексный системный анализ и математическое моделирование мировой динамики", программы "Экономика и социология знания" Президиума РАН (руководитель программы академик В.А.Садовничий, ведущая организация - Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша)

Малинецкий Г.Г. ведет большую педагогическую деятельность. Он является организатором и руководителем специализации "Нелинейные процессы" в Московском физико-техническом институте на кафедре прикладной математики факультета управления и прикладной математики (ФУПМ).

В этом семестре на кафедре прикладной математики читает курс "Введение в нелинейную динамику". В Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана - курс "Математическое моделирование нелинейных процессов", в Российском университете дружбы народов - "Междисциплинарные подходы в нанотехнологиях"

Автор около 80 научно-популярных книг и статей. Под его руководством защищено 16 кандидатских и 3 докторских диссертации.

Успешно сочетает научные исследования с научно-организационной работой. Являлся организатором ряда международных конференций по прикладной математике, математическому моделированию и нелинейной динамике и был научным редактором многих сборников научных трудов по этой проблематике. Он является членом [Специализированного совета при ИПМ РАН.](#)

Является членом редакционных коллегий журналов ["Информационные системы и вычислительные технологии"](#), "Проблемы безопасности при чрезвычайных

ситуациях", ["Рефлексивное управление"](#), ["Панорама Евразии"](#), ["Известия ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика"](#), ["Информационные войны"](#), электронных журналов "Информационные процессы" и "Исследовано в России", "Стратегическая стабильность". Является председателем редакционной коллегии серии книг "Синергетика-От прошлого к будущему" выпускаемой издательством "Эдиториал-УРСС". В этой серии выпущено около [70 книг](#), на русском и 4 на испанском языках, общим тиражом более 100000 экземпляров.

С 1992 г. руководит отделом "Нелинейная динамика" ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. За это время сотрудниками отдела был выполнен ряд фундаментальных работ, касающихся моделирования технологии получения новых полупроводниковых материалов на основе арсенида галлия, моделирования явления типа "жесткая турбулентность", математического описания исторических процессов, управляемого термоядерного синтеза (токамаки), аэродинамики, вычислительной нанодинамики, новых подходов к параллельным вычислениям, сейсморазведки. Сотрудники отдела имеют многолетний опыт плодотворного сотрудничества с учёными из Белоруссии, Чехии, Италии, США, Швейцарии. Он является председателем редколлегии серии книг "Будущая Россия", выпускаемой издательством УРСС.

Г.Г. Малинецкий является одним из руководителей семинара ["Будущее прикладной математики"](#), организатором для молодых учёных, редактором сборников "Будущее прикладной математики" С 2011 года, вместе с коллегами из Научно-образовательного центра ИПМ активно участвует в научной поддержке серии научно-популярных передач "Мозговой штурм", а также ряда других проектов, направленных на популяризацию науки и развитие системы образования

# СУРДИН Владимир Георгиевич

*российский астроном и популяризатор науки, старший научный сотрудник  
Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга,  
доцент физического факультета МГУ,  
лауреат Беляевской премии и премии «Просветитель» за 2012 год*

Родился 1 апреля 1953 года в г. Миасс

Окончил [физический факультет МГУ](#) в [1976 году](#) и [аспирантуру](#) под руководством [И. С. Шкловского](#). [Кандидат физико-математических наук](#).

Основные научные результаты относятся к [динамике звёздных скоплений](#), [процессам звездообразования](#), физике [межзвёздной среды](#), динамике объектов [солнечной системы](#)<sup>[3]</sup>. Исследовал распределение [шаровых скоплений Галактики по массам](#) как результат их динамической эволюции, роль [приливных эффектов](#), воздействие массивных горячих [звёзд](#) на газ в молодых скоплениях.

Автор более 90 научных статей.

Член [Международного астрономического союза](#). Член Астрономического общества. Член Бюро Научного совета [РАН](#) по [астрономии](#).

Свою образовательную деятельность В. Г. Сурдин начал еще студентом. С 1972 года в течение многих лет он руководил кружком "Астрофизика" в Московском городском дворце пионеров" на Ленинских горах.

В. Г. Сурдин читает курсы лекций по общей астрономии и спецкурс по звездообразованию на [физическом факультете МГУ](#). Также создал курс «Астрономия и общество» для студентов [факультета журналистики МГУ](#). Является членом центральной методической комиссии по астрономии Всероссийской олимпиады школьников, автор ряда учебных пособий для школьников, участвующих в олимпиадах. Член редколлегии журналов «[Квант](#)» и «[Природа](#)».

Читает межфакультетский курс лекций «Общая астрономия» для студентов различных факультетов МГУ

В. Г. Сурдин является автором и редактором нескольких десятков научно-популярных книг по [астрономии](#) и [астрофизике](#), а также множества научно-популярных статей, очерков и интервью. За цикл научно-популярных статей удостоен [Беляевской премии](#). Читает популярные лекции в [Политехническом музее](#). Член [Комиссии РАН по борьбе с лженаукой](#), входит в состав редколлегии её печатного органа — бюллетеня [РАН](#) «[В защиту науки](#)».

Являлся членом [Учёного совета Московского планетария](#). Вышел из его состава по собственному желанию в знак протеста против «преподнесения в подарок имён звёзд» в стенах планетария.

Председатель секции «[Пропаганда и популяризация астрономии](#)» Научного совета по астрономии [РАН](#)

## НАГРАДЫ:

- Премия МГК [ВЛКСМ](#), совместно с А. С. Расторгуевым и С. Ю. Шугаровым, [1983 год](#) — за цикл работ «Строение и эволюция шаровых звездных скоплений».
- [Литературная премия имени Александра Беляева](#), в номинации «За лучшую оригинальную серию научно-художественных (научно-популярных, просветительских) очерков, посвященных какой-либо общей теме, или за развернутое эссе», [2012 год](#) — за цикл очерков «Астрономия и астрофизика в XXI веке. Важнейшие открытия», опубликованных в журналах «Вселенная. Пространство. Время», «[Природа](#)», «[Наука в фокусе](#)», «Экология и жизнь» и «[Квант](#)».
- [Премия «Просветитель»](#) в области естественных и точных наук, [2012 год](#) — за книгу «Разведка далеких планет»<sup>[2]</sup>

## Монографии и учебные пособия

- Сурдин В. Г. Рождение звезд.— М.: Едиториал УРСС, 2001. 264 с.
- Сурдин В. Г., Ламзин С. А. Протозвезды: где, как и из чего формируются звезды.— М.: Наука, 1992. 192 с., 4380 экз.

- Сурдин В. Г. *Астрономические задачи с решениями.*— М.: Едиториал УРСС, 2012. 240 с.
- Сурдин В. Г. *Астрономические олимпиады. Задачи с решениями,* 1995. 320 с.

#### Избранная научно-популярная литература

- Клыпин А. А., Сурдин В. Г. *Крупномасштабная структура Вселенной.*— М.: Знание, 1981.— 60 с.
- Сурдин В. Г. *Приливные явления во Вселенной.* - М.: Знание. 1986. - 64 с. - 30570 экз.
- Сурдин В. Г. *Гигантские молекулярные облака.*— М.: Знание, 1989.— 60 с.— 28 тыс. экз.
- Сурдин В. Г. *Динамика звездных систем.*— М.: МЦНМО, 2001.— 32 с.
- Сурдин В. Г. *Пятая сила.*— М.: МЦНМО, 2002.— 40 с. (Библиотека «Математическое просвещение», вып. 17).
- Сурдин В. Г. (ред.-сост.) *Марс: великое противостояние.*— М.: Физматлит, 2004.— 224 с.
- Сурдин В. Г. (ред.-сост.) *Астрономия: век XXI.*— Фрязино: Век 2, 2007.— 608 с. — [ISBN 978-5-85099-181-4](https://www.isbn-international.org/view/title/978-5-85099-181-4).
- Сурдин В. Г. (ред.-сост.) *Небо и телескоп.*— М.: Физматлит, 2008.— 424 с. (Астрономия и астрофизика)
- Сурдин В. Г. (ред.-сост.) *Солнечная система.* М.: Физматлит, 2008.— 400 с. (Астрономия и астрофизика)
- Сурдин В. Г. (ред.-сост.) *Звёзды.* М.: Физматлит, 2008.— 428 с. (Астрономия и астрофизика)
- Сурдин В. Г. (ред.-сост.) *Путешествия к Луне.*— М.: Физматлит, 2009.— 512 с.
- Сурдин В. Г. *Разведка далеких планет.*— М.: Физматлит.— 2011.— 352 с.
- Сурдин В. Г. *Вселенная от А до Я.* — М.: Эксмо, 2012. — 480 с.
- Сурдин В. Г. (ред.-сост.) *Галактики.* М.: Физматлит, 2013. — 432 с. (Астрономия и астрофизика) — [ISBN 978-5-9221-1445-5](https://www.isbn-international.org/view/title/978-5-9221-1445-5).

# МУЗЫКАЛЬНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СЕМИНАРА



**Сергей Васильевич Рахманинов** родился 1 апреля 1873 года в дворянской семье. Долгое время местом рождения считалось имение его родителей Онег, недалеко от Новгорода; исследования последних лет называют усадьбу Семёново Старорусского уезда Новгородской губернии (Россия).

Отец композитора, Василий Аркадьевич (1841—1916), происходил из дворян Тамбовской губернии. История рода Рахманинова уходит корнями к внуку молдавского царя Стефана Великого Василию, прозванного Рахманиным. Мать, Любовь Петровна (урождённая Бутакова) — дочь директора Аракчеевского кадетского корпуса генерала П. И. Бутакова. Дед композитора по отцовской линии, Аркадий Александрович, был музыкантом, учился игре на фортепиано у Джона Филда и выступал с концертами в Тамбове, Москве и Петербурге. Сохранились романсы и фортепианные пьесы

его сочинения, в том числе «Прощальный галоп 1869-му году» для фортепиано в четыре руки. Василий Рахманинов тоже был музыкально одарённым, но музицировал исключительно любительски.

Интерес С. В. Рахманинова к музыке обнаружился в раннем детстве. Первые уроки игры на фортепиано дала ему мать, затем была приглашена учительница музыки А. Д. Орнатская. При её поддержке осенью 1882 года Рахманинов поступил на младшее отделение Санкт-Петербургской консерватории в класс В. В. Демянского. Обучение в Петербургской консерватории шло плохо, так как Рахманинов часто прогуливал занятия, поэтому на семейном совете мальчика было решено перевести в Москву, и осенью 1885 года он был принят на третий курс младшего отделения Московской консерватории к профессору Н. С. Звереву.

Несколько лет провел Рахманинов в известном московском частном пансионе музыкального педагога Николая Зверева, воспитанником которого был также Александр Николаевич Скрябин и многие другие выдающиеся русские музыканты (Александр Ильич Зилоти, Константин Николаевич Игумнов, Арсений Николаевич Корещенко, Матвей Леонтьевич Пресман и др). Здесь в возрасте 13 лет Рахманинов был представлен Петру Ильичу Чайковскому, который позже принял большое участие в судьбе молодого музыканта.

В 1888 году Рахманинов продолжил обучение на старшем отделении Московской консерватории в классе двоюродного брата А. И. Зилоти, а спустя год под руководством С. И. Танеева и А. С. Аренского начал заниматься композицией.

В возрасте 19 лет Рахманинов окончил консерваторию как пианист (у А. И. Зилоти) и как композитор с большой золотой медалью. К тому времени появилась его первая опера — «Алеко» (дипломная работа) по произведению А. С. Пушкина «Цыганы», первый фортепианный концерт, ряд романсов, пьесы для фортепиано, в том числе прелюдия до-диез минор, которая позднее стала одним из наиболее известных произведений Рахманинова.

В возрасте 20 лет, из-за нехватки денег, он стал преподавателем в московском Мариинском женском училище, в 24 года — дирижёром Московской русской частной оперы Саввы Мамонтова, где работал в течение одного сезона, однако успел сделать значительный вклад в развитие русской оперы.

Рахманинов рано приобрёл известность как композитор, пианист и дирижёр. Однако его успешная карьера была прервана 15 марта 1897 года неудачной премьерой Первой симфонии (дирижёр — А. К. Глазунов), которая окончилась полным провалом как из-за некачественного исполнения, так и — главным образом — из-за новаторской сущности музыки. По мнению А. В.

Оссовского, определённую роль сыграла неопытность Глазунова как руководителя оркестра во время репетиций. Это событие послужило причиной серьёзной нервной болезни. В течение 1897—1901 годов Рахманинов не мог сочинять, и лишь помощь опытного психиатра, доктора Николая Даля, помогла ему выйти из кризиса.

В 1901 году закончил свой Второй фортепианный концерт, создание которого ознаменовало выход Рахманинова из кризиса и одновременно — вступление в следующий, зрелый период творчества. Вскоре он принял приглашение занять место дирижёра в московском Большом театре. После двух сезонов отправился в путешествие по Италии (1906 г.), затем на три года поселился в Дрездене, чтобы полностью посвятить себя композиции. В 1909 году Рахманинов совершил большое концертное турне по Америке и Канаде, выступая, как пианист и дирижёр. Также, в 1909 году был написан Третий фортепианный концерт. В 1911 году С. В. Рахманинов, находясь в Киеве, по просьбе своего друга и коллеги А. В. Оссовского прослушал молодую певицу Ксению Держинскую, вполне оценив её талант; он сыграл большую роль в становлении оперной карьеры знаменитой певицы.

Вскоре после революции 1917 года Рахманинов воспользовался неожиданно пришедшим из Швеции предложением выступить в концерте в Стокгольме и в конце 1917 года вместе с женой Натальей Александровной и дочерьми покинул Россию. В середине января 1918 года Рахманинов отправился через Мальмё в Копенгаген. 15 февраля он впервые выступил в Копенгагене, где сыграл свой Второй концерт с дирижёром Хёзбергом. До конца сезона он выступил в одиннадцати симфонических и камерных концертах, что дало ему возможность расплатиться с долгами.

1 ноября 1918 года вместе с семьёй отплыл из Норвегии в Нью-Йорк. Вплоть до 1926 года не писал значительных произведений; творческий кризис, таким образом, продолжался около 10 лет. Лишь в 1926—1927 гг. появляются новые произведения: Четвёртый концерт и Три русские песни. В течение жизни за рубежом (1918—1943 гг.) Рахманинов создал всего 6 произведений, которые принадлежат к вершинам русской и мировой музыки.

Местом постоянного жительства избрал США, много гастролировал в Америке и в Европе и вскоре был признан одним из величайших пианистов своей эпохи и крупнейшим дирижёром. В 1941 году закончил своё последнее произведение, многими признанное как величайшее его создание, — Симфонические танцы. В годы Великой Отечественной войны Рахманинов дал в США несколько концертов, весь денежный сбор от которых направил в фонд Красной армии. Денежный сбор от одного из своих концертов передал в Фонд обороны СССР со словами: «От одного из русских посильная помощь русскому народу в его борьбе с врагом. Хочу верить, верю в полную победу».

Последние годы Рахманинова были омрачены смертельной болезнью (меланома). Однако несмотря на это, он продолжал концертную деятельность, прекращённую лишь незадолго до смерти. По некоторым данным, Рахманинов ходил в советское посольство, хотел поехать на родину незадолго до смерти.

Рахманинов умер 28 марта 1943 года в Беверли-Хиллз, штат Калифорния США, похоронен на кладбище Kensico Cemetery.



**Сергей Сергеевич Прокофьев** родился (11) 23 апреля 1891 года в селе Сонцовка, ныне село Красное Красноармейского района Донецкой области, в семье агронома. Заниматься музыкой начал с 5 лет. К моменту поступления в Петербургскую консерваторию (1904) был автором четырёх опер, симфонии, двух сонат и нескольких фортепианных пьес. В 1909 году окончил консерваторию по классу композиции, в 1914 году – дирижирования и фортепиано. Уже в ранний период выявляются характерные черты творческого облика Прокофьева – активное отношение к жизни, оптимизм, энергия и воля. Обширен диапазон тем и образов его произведений: тонкий лиризм романсов на слова Ахматовой (1916) и напряжённая экспрессия «Игрока»; живописность и поэтичность сказки «Гадкий утёнок» для голоса и фортепиано (1914) и стихийная сила оркестровой «Скифской сюиты»

(1914-1915); острый гротеск «Сарказмов» и скоморошья сказочность балета «Сказка про шута...».

С 1908 года Прокофьев начинает регулярную и обширную концертную деятельность как пианист и дирижёр – исполнитель собственных произведений. Весной 1918 года он направляется через Японию в США. Пребывание за рубежом вместо предполагаемых нескольких месяцев продолжалось 15 лет. Америка, Франция, Германия, Париж...

Он много сочиняет – комическую оперу «Любовь к трём апельсинам» по Гоцци (1919), экспрессивную драму «Огненный ангел» по Брюсову (1919-1927). Творческое содружество Сдягилевым стимулировало создание новых балетов для его труппы: «Стальной скок» (1925) и «Блудный сын» (1928). В 1930 году для театра «Гранд-Опера» был написан балет «На Днестре».

В 1927 и 1929 годах композитор приезжает на гастроли в СССР и в 1932 году принимает решение окончательно возвратиться на Родину. Возвращение стимулировало творческий процесс. Были созданы балет «Ромео и Джульетта» (1935-1936), музыка к кинофильмам «Александр Невский» и «Иван Грозный», произведения для детей.

В конце 1930-х он начинает работу над целым рядом сочинений. Завершение большинства из них было отодвинуто начавшейся Великой Отечественной войной. Важнейшей работой военных лет стала опера «Война и мир» по роману Л.Н. Толстого (1941-1952). С этой же темой связана и последняя опера Прокофьева «Повесть о настоящем человеке» по Б.Н. Полевому (1947-1948).

Умер великий композитор Сергей Сергеевич Прокофьев 5 марта 1953 года, в один день с И.Сталиным.

Творчество Прокофьева составило эпоху в мировой музыкальной культуре 20 века. В 1955-1967 годах изданы 20 томов собраний музыкальных сочинений композитора.