



Т.С. Ахромеева, Г.Г. Малинецкий,  
С.А. Торопыгина

**Проблемы для будущих гениев**

***Рекомендуемая форма библиографической ссылки***

Ахромеева Т.С., Малинецкий Г.Г., Торопыгина С.А. Проблемы для будущих гениев // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 6-й Международной конференции (2-3 февраля 2023 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2023. — С. 341-357. — <https://keldysh.ru/future/2023/26.pdf> <https://doi.org/10.20948/future-2023-26>

# Проблемы для будущих гениев

Т.С. Ахромеева, Г.Г. Малинецкий, С.А. Торопыгина

*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН*

**Аннотация.** Рассматриваются ключевые проблемы, решение которых может изменить не только научное пространство, но и нынешнюю реальность. Уже сегодня пора размышлять над задачами завтрашнего дня, требующими принципиально новых подходов.

**Ключевые слова:** проблемы XXI в., искусственный интеллект, геном, сознание, ресурсный переход, горизонтальная эволюция, поиски жизни во вселенной, самоорганизация, синергетика, субъектность

## Problems for future geniuses

T.S. Akhromeyeva, G.G. Malinetskii, S.A. Toropygina

*RAS Keldysh Institute of Applied Mathematics*

**Abstract.** We consider key problems, the solution of which can change not only the scientific space, but also the current reality. Already today it is time to reflect on the tasks of tomorrow, which require fundamentally new approaches.

**Keywords:** problems of the 21st century, artificial intelligence, genome, consciousness, resource transition, horizontal evolution, search for life in the universe, self-organization, synergetics, subjectivity

### Постановка вопроса

Бессмыслица – искать решение, если оно и так есть. Речь идет о том, как поступить с задачей, которая решения не имеет. Это глубоко принципиальный вопрос, который, как я вижу, тебе, прикладнику, совершенно не интересен.

*А. и Б. Стругацкие*

Лучший путь предсказать будущее – это создать его.

*П. Друкер*

Один из авторов этих страниц прочитал школьникам лекцию о гениальности. Дело в том, что в точке бифуркации, в переломные моменты истории новые подходы и научные результаты могут изменить реальность. Именно в эти моменты общество готово к их восприятию. В своё время директор Института прикладной математики им. М.В. Келдыша

С.П. Курдюмов говорил ученикам: «Ученые должны быть спасителями человечества! Они должны предлагать людям новые пути в будущее, а общество будет решать идти по этому пути или отказаться от него».

После лекции одного из авторов этого текста, когда ребята разошлись, подошла девушка и спросила: «Чем на ваш взгляд должны сейчас заниматься гении? Что ваше поколение не знает и не умеет? Чем надо было бы заняться нам?» Пришлось сказать, что трудно сразу ответить на такой вопрос «на засыпку», но ответ будет, надо только подумать. Результаты раздумий и ответ на заданный вопрос и представлены в этом тексте.

С библейских времен бытует выражение: «Устами младенца глаголет истина». Здесь мы имеем тот же самый случай! Достаточно посмотреть на работу многих научных институтов, чтобы убедиться, что главные, самые важные и интересные задачи решались во время их основания, а далее начиналось движение по инерции. Вопросы, как устроены Природа, Человек, Общество, уходили на задний план. Задачи становились «автомодельными», «самоподобными», вновь и вновь повторяющими себя в разных вариациях. Да и гранты обычно дают именно за такую работу. В России ситуация обострилась после того, как Министерство науки и образования решило оценивать институты и научных сотрудников по числу публикуемых работ, планировать и проверять этот показатель. План по валу, вал по плану...

Кроме того, за время реформ отечественная наука во многом взяла на себя незавидную роль участника «на подхвате» работ, ведущихся в странах Запада. Грустное занятие делать то же самое во вторую или третью руку и заниматься имитацией исследований вместо их проведения.

Однако сейчас ситуация кардинально меняется. Россия решает цивилизационные задачи. Во многих областях она настаивает на сохранении и воспроизведении достигнутого, но это не должно касаться науки! Фаустовский лозунг: «Остановись мгновенье! Ты прекрасно!» – не для науки.

Это сейчас понимается на разных уровнях. «Мы должны ставить такие вопросы, которые другие нации в мире не ставят, просто не думают об этом или боятся задать. И отвечать на них. Тогда мы будем представлять собой фундаментальный, идейный центр силы, нужный миру», – пишет ведущий эксперт Центра макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования Дмитрий Белоусов. [1]

Стремление создать новую общественную реальность и по-новому осознать мир, опираясь на результаты революций в физике, были интеллектуальным соблазном начала XX в. Без подобного соблазна России не удастся ни отстроить достойное будущее, ни даже преодолеть отставание, от ведущих стран мира.

Приходит понимание, что следует ориентироваться на выдающиеся научные достижения. Лозунг Первого Университетского лицея им. Н.И. Лобачевского в Усть-Лабинске: «20 нобелевских лауреатов к 2200 году!». Даже при осознании, что Нобелевская премия является инструментом

управления научным и культурным пространством, используемым Западом, императив хорош.

Ответ на вопрос девушки и соответствующие проблемы нам сегодня видятся таковыми.

### **Можно ли взаимодействовать с сильным искусственным интеллектом, осознавшим себя?**

За время существования компьютеров их производительность, по сравнению с первыми образцами, увеличилась в  $10^{18}$  раз. Этот фантастический технологический рывок пока не привел к кардинальным научным, технологическим, экономическим успехам. Использование идей теории самоорганизации (синергетики) привело к прорыву в области искусственного интеллекта (ИИ), в решении задач распознавания образов.

Мы рассматриваем компьютеры, как наших помощников, выполняющих данные им указания. Но у осознавшего себя интеллекта возникает представление о своих потребностях, возможностях, ограничениях, способах взаимодействия с людьми. Всё это результат самоорганизации, которой мы пока не представляем. При этом объем доступной им «сенсорной» информации может многократно превышать возможности человека. И по скорости и глубине её обработки, и по продолжительности жизни они также могут многократно превзойти человека. По сути, это представители иного мира, взаимодействие с которыми – сложная и неочевидная проблема.

Авторы бестселлеров – физик М. Тегмарк и историк Ю. Харари – считают, что мы ведем себя как «безответственные боги», что «ИИ» совсем не обязательно сознательный и хороший. По их мысли: «Всё, что мы делали в течение тысячелетий, на самом деле, не подготовило нас к такого рода вызовам. И пора признать – спички детям не игрушка. Их нужно до поры до времени, у детей отобрать любым способом... В 1970-х гг. получилось запретить биологическое оружие и провести четкую красную линию, где неприемлемо использование биологии. Теперь на очереди ИИ». [2]

Три закона робототехники, о которых писал А. Азимов, остались в далеком прошлом. Военные технологии и экономика будут требовать и получать всё более совершенный ИИ. Важно построить стратегию, позволяющую нам не оказаться в положении ученика волшебника, вызвавшего могущественные силы и не знающего, что делать с ними дальше.

На этот вопрос сейчас нет ответа. Это показывает научно-фантастическая литература. И «Солярис» Лема, и «Волны гасят ветер» Стругацких выбирают «нулевой вариант», – невзаимодействие с существами более высокого порядка. Не хотелось бы оказаться в положении козлика, который спрашивает у волка: «Ты не смерть ли моя, / Ты не съешь ли меня?»

В настоящее время мир очарован результатами очередной нейросетевой революции, удивительной способностью ИИ решать «человеческие задачи» и

эффективностью работы алгоритма обратного распространения ошибки в пространствах высокой размерности. На этой волне стоило бы подумать о принципиальных ограничениях ИИ и строить свои стратегии, исходя из этого.

Ещё важный момент: «Интересно, что одна из самых сложных нерешенных проблем в ИИ – здравый смысл, который совершенно отсутствует у детей и медленно проявляется у большинства людей после продолжительного общения с миром. Эмоции и эмпатия, которые в ИИ часто игнорируются, также важная часть интеллекта. Эмоции – глобальные сигналы для подготовки мозга к действиям, которые не могут быть решены локальными состояниями мозга». [3: 278, 279]

Это вопрос можно закончить анекдотом. Создали ученые самый мощный суперкомпьютер и спрашивают: «Есть ли Бог?». Компьютер отвечает: «Недостаточно информации. Подсоедините меня ко всем имеющимся суперкомпьютерам планеты». Подсоединили и опять спрашивают: «Есть ли Бог?». Машина отвечает: «Недостаточно информации. Подсоедините меня ко всем компьютерам, сетям, умным вещам». Сделали и это и опять спрашивают: «Есть ли Бог?». Компьютер отвечает: «Теперь есть».

### **Можно ли обратить вспять старение человека?**

Одному из авторов этого текста в своё время довелось читать на Физтехе курс «Проблемы науки XXI века». В конце курса студенты поинтересовались, как сдать этот предмет. Им было предложено рассказать, за что они получают свою Нобелевскую премию и очертить основные этапы работы. Половина пришедших сдавать рассказывала, как они будут решать проблему бессмертия.

Ранее эмбриологи считали, что в «детстве» (недифференцированном состоянии) клетки могут идти по любому пути развития, а для «взрослой» дифференцированной клетки обратно пути уже нет.

В 2012 г. Нобелевская премия по физиологии и медицине была присуждена Джону Гардену и Шинья Яманака доказавшим, что это не так. Их наградили «за открытие факта, что зрелые клетки могут быть «перепрограммированы» обратно в плюрипотентное состояние. В 2006 г. Шинья Яманака доказал, что можно «перепрограммировать», заставить «дифференцироваться» «взрослую клетку», а затем превратить ее в любую выbranную клетку. Другими словами, на клеточном уровне есть путь из «старости» в «детство». Ожидания огромны. Они связаны с возможностью замещать больные или утраченные клетки прямо в ткани, восстанавливая организм буквально по клеточкам.

Это открытие дает основу для «тканевой инженерии», когда с помощью 3D-принтера из подходящих клеток «печатается» соответствующий орган, а затем пересаживается пациенту взамен больного или поврежденного.

Но хотелось бы пойти дальше и рассматривать старение и смерть не как неизбежность, а как болезнь, с которой можно бороться и которую можно победить.

Возникает соблазн действовать не так как Яманаки, переводя клетки в возраст младенца, а просто омолодить их. Профессор С. Хорват предложил принципиально новый подход к оценке биологического возраста, – так называемые эпигенетические часы. С годами структура ДНК остается постоянной, но меняется активность отдельных генов, что отражается в синтезе белков. Регулируют этот процесс эпигенетические (буквально «надстроенные над генами») молекулярные метки. Лучше всего изучены те метки, которые возникают в процессе присоединения к молекуле ДНК метильной группы. Хорват составил список из 353 метильных меток, по наличию или отсутствию которых можно судить, является ли клетка «старой» или «молодой», как происходит «эпигенетический дрейф».

Ученые из Гарварда под руководством Д. Синклера опубликовали в журнале *Cell* статью «Потеря эпигенетической информации как причина старения млекопитающих». В работе высказывается мысль, что если сбои в ДНК происходят часто, – то постоянные «ремонт» приводят к накоплению эпигенетических изменений и, в конце концов, к потере клеткой своей идентичности. Такой подход назвали *информационной теорией старения*. Эксперименты на крысах, которые позволили «искусственно быстро» состарить их, а затем с помощью факторов Яманаки «омолодить» их (это показал анализ и на молекулярном, и на тканевом уровне) подтверждает этот подход.

«В основе старения лежит информация, которая теряется в клетках, а не просто накопление повреждений. Это сдвиг парадигмы. Если бы причиной старения было бы накопление мутаций, вернуть молодость было бы невозможно. Но демонстрация того, что мы способны обратить процесс вспять, показывает: система не повреждена, где-то существует резервная копия, и «программное обеспечение» можно перезагрузить», – говорит Синклер.

Можно ли так действовать с человеком, «омолаживая» его по мере необходимости? По сути, та же проблема рассматривалась в сказке К. Ершова «Конек-Горбунок». Царь-девица говорит царю: «Коль себя не пожалеешь, ты опять помолодеешь», и предлагает конкретный рецепт, связанный с купанием в трех котлах. Ивану-дураку этим рецептом с помощью Конька-Горбунка удалось воспользоваться, а царю нет...

### **Существует ли иная жизнь и иная цивилизация?**

Это ключевой вопрос, стоящий перед нашей наукой. В 1543 г. в Нюрнберге Николай Коперник издал книгу «О вращении небесных сфер». В предисловии к этому труду он пишет: «Принимая в соображение, какой нелепостью должно показаться это учение, я долго не решался напечатать мою книгу и думал, не лучше ли будет последовать примеру пифагорейцев

и других, передававших своё учение лишь друзьям, распространяя его только путем предания». [5]

Влияние этой работы на науку и мировоззрение было огромным. Если Земля находится в центре мира, а всё остальное вращается вокруг неё, то, конечно, именно ей Бог уделяет основное внимание. Однако, если Земля только одна из планет, вращающихся вокруг Солнца, то рассчитывать на особое внимание высших сил не приходится, и надо получше разобраться, как устроена эта реальность...

Классическая термодинамика убеждает, что в пределах её применимости реализуется наиболее вероятное состояние, энтропия возрастает. В открытых, нелинейных, далеких от равновесия системах всё может быть не так. Именно это стало одной из предпосылок к развитию синергетики. И действительно, развитие биосферы, а затем и цивилизации, показывает удивительное усложнение, поразительную адаптацию к постоянно меняющейся среде и странную способность, ухватить за «хвост» и использовать маловероятные события.

Переходя на язык физики плазмы, можно сказать, что развитие цивилизации на Земле представляет собой гигантскую неустойчивость – число людей на планете росло по гиперболическому закону (в режиме с обострением). Происходящий сейчас глобальный демографический переход [6] показывает, что в наше развитие включались масштабные сдерживающие факторы.

Обнаружение других форм жизни или следов деятельности иных цивилизаций поможет понять, что в этой неустойчивости, произошедшей на Земле, является закономерным, а что случайным. Возможно, оно покажет, каковы главные опасности и риски развития нашей цивилизации. Можно ожидать, что это открытие, так же, как теория Коперника, даст импульс прогрессу науки на несколько веков вперед.

Вопрос, является ли человечество единственной технологически развитой цивилизацией во Вселенной, – одна из важнейших проблем современности. При этом способы ответить на него могут быть различны – от наблюдения космоса в различных диапазонах электромагнитного излучения до парадоксальных находок на Земле, показывающих, что мы не одни в космосе.

Остроту этой проблеме придает парадокс Ферми – отсутствие видимых следов деятельности инопланетных цивилизаций, которые на миллионы или миллиарды лет старше нашей. Сделанные оценки показывают, что их должно быть довольно много в обозримой окрестности Земли. Их нет или мы их не видим?

Объяснений много. Например, китайский фантаст Лю Цзинь предложил концепцию «темного леса». По его мысли, эволюция жизни во Вселенной подразумевает войну на выживание среди развитых цивилизаций в условиях ограниченных ресурсов. Поэтому развитые цивилизации тщательно скрывают следы своего присутствия во Вселенной. Иначе сильный хищник съест неопита быстро и неожиданно.

Исследования должны дать ответ на поставленный вопрос.

### **Каков «психологический код» человека и млекопитающих?**

Ключевым открытием XIX в. было открытие Д.И. Менделеевым «химического алфавита» Вселенной – набора элементов, из которых состоит всё сущее. В 1962 г. Дж. Уотсон, Ф. Крик и М. Уилкинс получили Нобелевскую премию за главное открытие в биологии XX в. – модель двойной спирали ДНК. Оказалось, что наследственная информация биологических объектов определяется текстами, написанными четырьмя буквами А – аденин, Т – тимин, Г – гуанин, Ц – цитозин. Значение этого открытия для биологии, медицины, биотехнологий, сельского хозяйства, обороны, правоохранительной деятельности и многих других сфер, а также для понимания нами реальности, трудно переоценить. Стал понятен «биологический алфавит» живого.

Вероятно, ключевым открытием XXI века станет выяснение «психологического кода», – методов кодирования, обработки, запоминания информации, выработки управляющих воздействий. Объем имеющейся информации огромен, инструменты постоянно совершенствуются. Однако нужна догадка гения, которая могла бы стать лучом света в темном царстве.

### **На какую социальную упорядоченность следует ориентироваться в долгосрочной перспективе?**

Ответ на этот вопрос имеет принципиальное социальное, мировоззренческое, философское значение. Сенека писал: «Для корабля, порт назначения которого неизвестен, нет попутного ветра». Стремление заменить идеологию религией, происходящее сейчас в ряде стран, показывает глубокий кризис в сфере этики и проектирования будущего. Консервативная, либеральная, социалистическая идеологии отражают реалии индустриального общества и ключевые проблемы, которые тогда решались. Важно было накормить людей, обеспечить им право на труд и уменьшить разрыв между богатой элитой и нищим обществом. Более того, считалось, что каждая из этих идеологий станет рецептом для всего человечества.

Так или иначе, но те проблемы, о решении которых мечтали в XIX в., в большей части мира лучше или хуже решены. Что делать дальше? Контуры будущего утрачены. Попытки США вернуть мир в XIX в. с силовым доминированием одной державы-гегемона вызывают протест в большей части мира.

В сложных системах вблизи точки бифуркации при переходе от одного упорядоченного режима к другому, часто наблюдаются хаотические колебания. При этих значениях параметров малые причины могут иметь большие последствия. И действительно, мир оказывается расколот, в ближайшие десятилетия он будет развиваться в борьбе или в сотрудничестве нескольких цивилизаций. Практика показывает, что именно этот путь



обеспечивает локальную социальную упорядоченность. Что же будет дальше? Ответ на этот вопрос – важный вызов для мыслителей и ученых.

В самом деле, успехи медицины и биотехнологии показывают, что в будущем нас ждет мир старых людей. Это другая психология, иные жизненные установки и другие проблемы.

Очень важно понять, чем же люди тогда будут заниматься. По прогнозу одного из ведущих специалистов в области искусственного интеллекта К.-Ф. Ли через 10-15 лет половина работающих в США останутся без дела, которым сейчас занимаются [7]. Их вытеснят компьютеры и системы искусственного интеллекта. Что они будут делать? Исторический опыт показывает, что судьба бездельников, которых общество содержит, незавидна.

Об этом стоит подумать – процент людей, которые готовы заниматься наукой, искусством, творчеством, сейчас очень невелик.

Мы имеем серьезный кризис в образовании, науке и технологиях – путь к переднему краю, где, собственно, и происходит развитие, очень велик, а со временем становится ещё больше. Многим людям при всем их желании не удастся дойти до него. Это путь к застою, а затем к технологическому и социальному откату в прошлое.

Формирование нового общества, соответствующего нынешним технологиям, требует более глубокого понимания человека, чем есть в настоящее время. Маркс и его последователи ориентировались на рациональный выбор трудящихся, на объективную оценку социальных перемен. Последние 40 лет показали, что это не так. Большинство советских людей променяло очевидные и реальные плюсы социализма на мифические блага капитализма. Имеет место и блокировка рефлексии – зачастую люди не осознают своей ответственности за произошедшее. Болезнью современного общества на разных уровнях стал *кризис субъектности*.

Огромной силой стали средства массовой информации (СМИ), интернет, электронные средства мониторинга и контроля состояния общества.

Возвращаясь к диалогу Тегмарка и Харари, обратим внимание на их выводы.

– «Если алгоритмы следят за мной и знают обо мне всё – нам нужна совершенно *другая политическая система*.

– Если клиент не прав, а алгоритм верен, – нам нужна совершенно *другая экономическая система*.

– Если корпорации и правительства взламывают нас при оказании медиауслуг, чтобы привлечь наше внимание или нажать на кнопку ненависти в нашем уме – нам нужна совершенно *другая медиа система*». [2]

Суть нынешних проблем ясно осознавал тридцать лет назад Иммануил Валлерстайн – капитализм исчерпал свои возможности, а целостных, содержательных представлений о желаемом будущем нет. Их следует найти.

Валлерстайн пишет: «Такая разновидность нарастающего, самоподдерживающегося беспорядка не может продолжаться вечно. Но она может

длиться 25-50 лет. А это форма хаоса в системе, вызванная истощением механизмов безопасности системы, или изменением их места в связи с тем, что противоречия системы подошли к рубежу, где ни один из механизмов, предназначенных восстанавливать нормальное функционирование системы, не может далее работать эффективно... И тем не менее, мы обречены на то, чтобы действовать. Поэтому первое, что нам нужно – это иметь ясное понимание, чего не хватало нашей современной мир-системе, что настроило такую большую часть мирового населения против неё или, по крайней мере, создало двойственное отношение к её социальным достоинствам. Мне кажется совершенно ясным, что главные жалобы были связаны с громадным неравенством в системе, что означает отсутствие демократии...

Вы можете подумать, что предложенная мной в общих чертах программа целесообразного социального и политического действия в следующие 25-50 лет чересчур туманна. Но она настолько конкретна, насколько это возможно, находясь в центре водоворота. Первое, мы должны убедиться, что двигаемся, куда хотели. И второе, удостовериться, что ваши первые усилия продвигают вас в этом направлении. Если вы хотите большей точности, чем эта, вы её не найдете, и утонете, пока будете искать» [8: 248-251].

### **Готовы ли мы биологически и психологически к освоению космоса?**

Опыт пилотируемой космонавтики представляется странным. Судя по официальным данным, почти полвека человек не летает на Луну несмотря на научные и иные перспективы таких полетов. Польский фантаст и футуролог Станислав Лемм, рассказывая об астронавтах будущего, писал, что важная, если не основная, часть их работы связана с ремонтом космического корабля. Длительные полеты в космос показывают экстремальные условия работы в космосе, быструю деградацию многих систем организма, огромные психологические нагрузки и необходимость длительной реабилитации по возвращению на Землю. Организм является большой сложной системой, тонко настроенной на земную реальность, начиная от силы тяжести, магнитных полей, интенсивности излучений и кончая воздухом, водой, питанием, режимом сна. Весьма вероятно, что обеспечить аналоги всего этого при длительных полетах на Луну, не говоря уже о межпланетных путешествиях, нельзя. Возможно, при нынешнем уровне биологии мы просто не понимаем механизмов перехода от *Homo Sapiens* к *Homo Cosmicus*.

Возможно, в течение длительного времени исследование космоса будет осуществляться системами с искусственным интеллектом, а не людьми, – большинство, если не все, операции, выполняемые людьми в космосе, можно возложить на роботов. Может оказаться, что будут найдены удивительные существа, что в складывающейся обстановке не обойтись без человека. Но об этом мы также сможем узнать от роботов.

По-видимому, сейчас важно создать новую парадигму освоения космоса, исследование и использование возможностей которого оказались гораздо более сложными задачами, чем думалось вначале.

### **Каковы наши данные, заложенные в геноме, где суть, где «мусор» в этой сущности**

Проект «Геном человека», позволяющий выделить текст, содержащий нашу наследственную информацию, дал блестящие результаты. Уже известны геномы многих животных и растений.

Но они «не прочитаны». Ситуация похожа на расшифровку большого старинного манускрипта, в котором нам понятны лишь небольшие фрагменты. Кроме того, лишь небольшая часть генома содержит информацию, необходимую для производства белков. Вероятно и «теневого геном», не занимающийся этим, также необходим.

Наш геном состоит примерно из 3 млрд пар оснований. Наглядное представление о нем дает библиотека из 3 тыс. томов. С другой стороны, мы живем около 3-х миллиардов секунд и не имеем даже секунды, чтобы осмыслить роль каждого основания в нашем геноме.

Цена секвенирования генома за 10 лет уменьшилась в 20 тыс. раз. Это сделало его вполне доступным стандартным медицинским анализом. Фирма «23 and me» под началом Л. Авей и С. Брина начала информировать человека, представившего свой геном, о болезнях, которым он подвержен, и о недугах, по отношению к которым он устойчив. Сейчас подобной работой занимается много компаний.

Началась обработка огромных массивов информации, что, в конце концов, должно привести к «чтению» геномов.

Здесь открывается перспектива, требующая принципиального выбора. О ней рассказал посетивший Москву Дж. Уотсон. По его мысли, как работает сознание и почему действуют нейрорептилки, мы узнаем примерно через полвека. Но уже в ближайшие 10-15 лет ученые сумеют, анализируя ДНК ребенка, ещё находящегося в утробе матери, понять, кто придет в этот мир – выдающийся музыкант, математик, спринтер, маньяк, посредственность... Одно это изменит наш мир, – мы будем знать, каких людей и чему следует учить. Но это и путь к другому, совершенно новому уровню неравенства. В случае олигархата может получиться деление на «короткоживущих» и «долгоживущих», как в романе И. Ефремова «Час быка» (1970). О других вариантах писал О. Хаксли в романе «О дивный новый мир» (1932).

В любом случае алгоритмы чтения генома, инструменты, позволяющие в нем отделить главное от второстепенного, дадут знание, которое очень быстро станет силой.

## Каковы возможности и риски управляемой горизонтальной эволюции?

Эволюция является ключевым инструментом развития биосферы и её адаптации к меняющимся условиям. Выдающийся математик, философ, мыслитель Н.Н. Моисеев создал оригинальный философский подход – *универсальный эволюционизм*. Он считал, что дарвиновская триада *наследственность – изменчивость – отбор* обеспечивает прогресс и устойчивость всех сложных многоагентных систем. Половое размножение, эмпатия, альтруизм, любовь с этой точки зрения выступают как инструменты, найденные в ходе эволюции.

Ричард Докинз развил *геноцентрический* взгляд на эволюцию. Последняя рассматривается прежде всего как эволюция генов и считается, что естественный отбор на уровне особей или популяций почти никогда не одерживает верх над естественным отбором на уровне генов. Эволюция движется в сторону увеличения способности генов копироваться, оказывая то или иное влияние на окружающую среду. Гены можно сравнить с гребцами, а организм с лодками, участвующими в соревнованиях и конкурирующими между собой.

В 2020 г. Нобелевскую премию по химии получили Дженнифер Дудна и Эмманюэль Шарпантье за изобретение технологии редактирования геномов. Их исследования позволили создать CRISPR/Cas9. CRISPR – сокращение от Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (классифицированные регулярные промежуточные палиндромные повторы). Другими словами, это маленькие кусочки генома бактерий читаются одинаково, идем ли мы слева направо или справа налево (палиндромы). Оказалось, что такая структура представляет собой «молекулярные ножницы», которые режут вирусы, с которыми бактерия уже встречалась. С помощью этого инструмента ученые научились резать и редактировать любые ДНК, в том числе и человеческие. С этой технологией уже связаны тысячи патентов и большие высокотехнологичные проекты.

И здесь, пожалуй, следует дать слово и оптимистам, и пессимистам, по-разному оценивающим этот принципиальный сдвиг в биологии, а, может быть, и в истории человечества.

В 1963 г. в книге «Сумма технологии» – библии индустриальной эпохи – Станислав Лем писал: «Человек не может изменить мир, не изменяя самого себя. Можно делать первые шаги на каком-то пути и прикидываться будто не знаешь, куда он ведет. Но это не наилучшая из мыслимых стратегий».

Оптимистом является и заведующий лабораторией геномной инженерии МФТИ Павел Волчков: «Главный хайп в науке последнего времени – редактирование генома. И этот хайп не пустой, он может способствовать реальным прорывам... Мы уже близки к тому, чтобы начать использовать такого рода технологии для редактирования и улучшения генома будущих детей. Это максимально профилактическая медицина. мы уже сейчас по-

нимаем, как сделать животных и людей, которые никогда не болели бы онкологией, которые никогда не болели бы определенными сердечно-сосудистыми заболеваниями, аутоиммунными заболеваниями. Мы сможем уберечь будущее от этих напастей». [10: 42, 47].

Эволюция шла медленно и стихийно, действуя методом проб и ошибок. В вертикальной эволюции обмен генетическим материалом производится от родителей к детям. В горизонтальной – между животными одного поколения. Велик соблазн – заменить Бога или Природу и полагаться не на стихийно идущую эволюцию, а самим заменять «плохих» гребцов на лодках на «хороших». Именно это и говорят оптимисты: «Суммируя: у человечества нет альтернативы массовому использованию генного редактирования для улучшения генофонда. Эра разумного консерватизма завершается. Сведя к минимуму естественные эволюционные факторы, мы предназначим себе управлять автоэволюцией своего вида. Невозможно как ни в чем не бывало продолжать делать вид, будто мы полагаемся на то, что природа и дальше будет делать за нас нашу работу. Раз уж мы, как человечество, претендуем на статус разумных существ». [11: 68]

Аргументы скептиков тоже достаточно серьезны. Нынешний ход событий прекрасно описал в начале XXI в. американский политолог Ф. Фукуяма. В предисловии к одной из глав он цитирует М. Хайдеггера («Вопрос о технологии»): «угроза человеку исходит в первую очередь не от потенциально смертоносных машин и технологических аппаратов. Настоящая угроза направлена против сущности человека». [12]

Разумеется, трудно переоценить возможность избавить будущее дитя от тяжелых наследственных заболеваний. Определить характер, тип, облик будущего человека, не представляя ни тонких взаимосвязей в геноме, ни того, какие люди «понадобятся» обществу завтра – преступная самонадеянность.

Мифы об Икаре и Фазтоне, герои которых не справились с представленными им технологиями говорят именно об этом.

Свобода – прекрасный лозунг, вопрос лишь в практическом воплощении. Вспомним ювенальную юстицию, «свободу» в определении своего пола, замену матери и отца на «родителя – 1» и «родителя – 2», а также большой вопрос Англиканской церкви о «гендерно-нейтральном Боге». Разные общества по-разному отвечают на вопрос «что такое хорошо и что такое плохо», да, к тому же, довольно часто меняют своё мнение. Разве на это можно опираться?

Кроме того, стоит подумать о «подарках Люцифера», – заменяя один ген на другой, мы можем снизить вероятность одних заболеваний, но повысить вероятность других.

Кроме того, у нас перед глазами «контрольный эксперимент». Джон Кеннеди говорил: «Международный престиж страны измеряется двумя вещами: ядерными ракетами и золотыми олимпийскими медалями». В олим-

пейцев – «суперлюдей» – вкладывали всё, вплоть до последних достижений многих научных дисциплин. А результат? Как шутили наши знакомые спортсмены: «Водка – сила, спорт – могила». Участники последних олимпийских игр из ряда стран инвалиды – они не могут выступать без сильнодействующих лекарств. Печальна судьба большинства «спортсменов, показывающих «сверхчеловеческие» результаты», – они очень рано уходят из жизни.

Среди пессимистов мы бы выделили британского физика С. Хокинга: «Я уверен, что в течение этого столетия люди узнают, как модифицировать интеллект и инстинкты, такие как агрессия. Законы, вероятно, будут запрещать применять генную инженерию на людях. Но некоторые люди не смогут противостоять искушению улучшить свои характеристики, такие как память, устойчивость к болезням и продолжительность жизни. Как только появятся «суперлюди», появятся и политические проблемы, связанные с «неулучшенными» людьми, неспособными к конкуренции. По-видимому, они вымрут и утратят значение. Их место займет раса людей, которые сами себя проектируют, все дальше и дальше совершенствуясь». Драма состоит в том, что то, что кажется утопией для одних людей, представляется антиутопией для других.

Развитие происходит стремительно – «суперлюди» уже появились. Китайский исследователь Хэ Цзянькуй прооперировал геномы девочек-близнецов в 2018 г., чтобы придать им генетическую устойчивость против ВИЧ.

Подводя итог, можно сказать, что в этом направлении мы имеем точку прорыва. Принимаемые в этой связи решения могут определить будущее.

### **Можно ли создать искусственную жизнь?**

Лейтмотивом этого направления является фраза Ричарда Фейнмана: «Я не понимаю того, что я не могу сделать». Современные компьютерные системы позволяют «проиграть» эволюцию многоагентной системы в некоторой упрощенной среде, в которой существ не слишком много, но они могут двигаться, питаться, драться, размножаться, учиться. Впечатляющие результаты позволяют проследить сложную систему реакций в клетке и дать рекомендации биотехнологам.

Естественно возникает мысль перейти от компьютерных моделей к реальным системам. Джон фон Нейман определял «жизнь как процесс», который можно абстрагировать от какого-либо определенного носителя». И тогда открывается огромное пространство возможностей. Почему у нас 4 «буквы» А, Т, Г, Ц, а не 6 или 8? Почему у нас такой, а не иной генетический код? Среди реальных воплощений этих «сумасшедших идей» можно выделить работы Института Крейга Вентера по созданию клетки с минимальным геномом.

Размер генома человека 3,2 млрд оснований и около 20 тыс. генов. У создания «произведенного» этим институтом *Mycoplasma laboratorium* JCVI-syn 3.0 531 тыс. пар оснований, 473 гена, которые кодируют 438 белков и 35 РНК. Авторы этого организма взяли известную бактерию и удаляли различные гены, чтобы оставшиеся могли жить. Интересно, что в процессе работы удалось выделить 79 генов, функции которых неясны, но без которых создание не живет [13].

Представление о создании гомункула – искусственной формы живого – было мечтой средневековых алхимиков. Современные исследователи, занимающиеся искусственной жизнью, по сути, идут тем же долгим и трудным путем. Яркие необычные идеи здесь были бы очень важны.

### **Какими должны быть ресурсный и технологический переход?**

Суть этой проблемы прекрасно показывает рисунок, занявший первое место на одном экологическом конкурсе (см. рис.). Из него понятно, каких ресурсов, на какой срок осталось мировой цивилизации. Из него ясно, что человечество ведет себя как разоряющийся богач, продолжающий кутить. Речь идет о десятилетиях – мы находимся у края. Можно выделить пять групп материалов, на которые идет основная часть энергии, расходуемой человеком на производство: сталь – 40%, цемент – 15%, пластики – 15%, бумага и картон – 10%, алюминиевые сплавы – 7%. Мы, по сути, продолжаем жить в железном веке. Пластики не стали конкурентами стали. Их производство обходится в несколько раз дороже. Оценки показывают, что для того, чтобы жители развивающихся стран к 2050 г. устали жить так же, как граждане развитых государств, к этому времени надо выплавить 70 Гт стали, а разведанные запасы руды соответствуют 79 Гт стали [14].



Оставшиеся у человечества природные ресурсы (Работа Glenn Swann «Earth's Natural Resources»). Источник: <https://infogra.ru/infographics/polufinalisty-konkursa-dlya-infodizajnerov>

Для того чтобы не произошел ресурсно-технологический коллапс нужна кардинально иная структура потребления. Следует изготавливать отличные вещи долговременного или пожизненного пользования. Автомобили, холодильники, различные виды бытовой техники, телефоны, компьютеры и прочая, прочая, прочая уже могут выпускаться с пожизненной гарантией. Это позволит многократно уменьшить ресурсы, потребные для соответствующих отраслей. Мы сегодня недостаточно богаты для того, чтобы покупать дешевые вещи краткосрочного использования. *Технологический переход* позволит жить экономнее, не ухудшив качество жизни. Большинство нынешних технологий ориентированы на ближайшие десятилетия, а мыслить хотелось бы хотя бы на уровне веков, чтобы у наших детей и внуков были шансы на перемены к лучшему, а не на вытаскивание цивилизации из болота кризиса.

*Ресурсный переход* связан с многократным использованием добытого, с переходом к циклической экономике. Идеальным образом здесь является ситуация библиотеки, когда одну книгу в течение определенного времени могут прочесть многие читатели. Одни и те же ресурсы могут быть многократно использованы разными отраслями для производства различных товаров при контроле того, где они и в каком состоянии. Для биосферы характерны циклические структуры, биогеохимические циклы, круговорот веществ в природе. Очевидно человечеству и техносфере придется



формировать такие циклические структуры и вписываться в них. Здесь существует огромная потребность в ярких важных решениях.

### **Как работает сознание?**

Дети раньше часто спрашивали, как работает телевизор, машина или компьютер. Посмотрев, что у них внутри, приходишь к выводу, что и разобраться в этом невозможно. Однако это не так. Вначале можно выяснить, как устроены элементарные сущности – сопротивления, конденсаторы, индуктивности, транзисторы. Для мозга человека эта работа выполнена. Элементарной частицей является нервная клетка – нейрон. Нейроны детально исследованы, расклассифицированы, механизмы действия каждого из них понятны.

Но этого недостаточно. В телевизоре надо разобраться, что с чем связано и каковы принципы этой связи и элементарные «блоки», обеспечивающие эту активность. И здесь удалось продвинуться и выделить принципы взаимодействия и связывания нейронов. В мозге 86 млрд нейронов, они весьма разнообразны и, конечно, многое не понятно. Тем не менее, реализация этих принципов в нейронных сетях привела к прорыву в сфере искусственного интеллекта. Оказалось, что, связывая компьютерные аналоги нейронов и сенсоров, организуя из них слои и определенным образом осуществляя их обучение, опираясь на представления о самоорганизации, можно получить удивительные результаты. Эти результаты связаны с решением задач распознавания образов. Очевидно, это очень важная функция сознания, во многих случаях нужно разобраться, что такое хорошо и что такое плохо.

Задачи эти очень важны и искусственный интеллект стал важной частью всей «математической промышленности», во многом благодаря нейронным сетям. [15]

Общепринятый взгляд состоит в том, что в мозге именно связи меняются в ходе обучения и деятельности. Такой подход называется *коннекционизмом*. Его развивают в гигантском исследовательском проекте «Коннектом человека», направленном на выяснение карты этих взаимосвязей в мозге и осмысление активности связей и нейронов.

Впрочем, есть альтернативный подход, выдвинутый лауреатом Нобелевской премии по физике Р. Пенроузом. В соответствии с ним, каждый нейрон является своеобразным квантовым компьютером. Непонимание природы сознания учёный связывает с неполнотой нашего знания квантовой механики. По его мысли, это явление связано с так называемой «объективной редукцией», при которой ансамбль квантовых частиц приобретает классические свойства без наблюдения извне [16].

Именно здесь и возникает основное различие. Телевизор показывает нам передачи. Именно для этого его конструировали. Несмотря на много-

вековые усилия философов, ученых разных специальностей мы «очень приблизительно» знаем, что же делает сознание.

Ситуация примерно такая же как в романе Лема «Солярис». Ученые не знают, как изучить и понять действие одного гигантского мозга – Океана Соляриса.

Понимание сознания – отличная задача для гения! Может быть, ему удастся объяснить, что значит «понимание» в этом случае.

### Литература

1. *Ивантер А.* Ждет ли Россию технологический коллапс? <https://expert.ru/expert/2023/01/zhdet-li-rossiyu-tekhnologicheskii-kollaps>
2. *Карелов И.* Главное отличие Номо – не интеллект. Неучет этого грозит роду уничтожением. <https://sergey-57776.medium.com/главное-отличие-нomo-не-интеллект-неучет-этого-грозит-роду-уничтожением-1731b8bac213>
3. *Сейновский Т.* Антология машинного обучения: Важнейшие исследования в области ИИ за последние 60 лет / Пер. с англ. М.А. Райтмана, Е.В. Сазановой. – М Эксмо, 2022. – 304 с. – (Библиотека MIT).
4. Метод перезагрузки. Ученым впервые удалось обратить старение вспять. <https://ria.ru/20230124/omolozhenie-1846860263.html>.
5. [https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Коперник\\_Николай](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Коперник_Николай)
6. *Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего/ Книга 2. Образование. Демография. Проблемы прогноза / 4-е изд. – М.: URSS, 2020 – 384 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему. №100)
7. *Ли К.-Ф.* Сверхдержавы искусственного интеллекта: Китай, Кремниевая долина и новый мировой порядок / Пер. с англ. Н. Константиновой под ред. Лялина. – М.: Манн, Иванов, Фербер, 2019. – 350 с.
8. *Валлерстайн И.* После либерализма / Пер. с англ. Б.Ю. Кагарлицкого. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 256 с.
9. *Докинз Р.* Эгоистический ген. / Пер. с англ. Н.О. Фомина. – М.: Corpus (АСТ), 1989. – 512 с.
10. Лейбин В. Поколение генетически неуязвимых // Эксперт. 2021, №36, с.42-47.
11. *Быков П., Шаранов С.* Сверхчеловек: попытка не испугаться // Эксперт. 2023, №4, с.64-69.
12. *Фукуяма Ф.* Наше постчеловеческое будущее. Последствия биотехнологической революции / Пер. с англ. М.Б. Левина. – М.: АСТ», Люкс, 2004. – 349 с. – (Philosophy)

13. *Клещенко Е.* Деконструкция генома // Химия и жизнь. 2016, №5. [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/433357/Dekonstruktsiya\\_genoma](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433357/Dekonstruktsiya_genoma)
14. Комаров С.М. Цивилизация старьевщика // Химия и жизнь. 2013, №12, с.2-7.
15. *Гарбук С.В., Губинский А.М.* Искусственный интеллект в ведущих странах мира: стратегии развития и военное применение. – М.: Знание, 2020. – 590 с.
16. *Пенроуз Р.* Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики / Пер. с англ. под общ. ред. В.О. Малышенко / предисл. Г.Г. Малинецкого / Изд.4-е – М.: УРСС: Издательство ЛКИ, 2011. – 400 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему. №7).