**Есть ли будущее у науки?**

Малинецкий Г. Г., Курдюмов С. П.

Наука XXI века будет принципиально отличаться от науки XX века. В ней будут другие сверхзадачи. Это теория управления рисками, нейронаука и теоретическая история. От того, насколько успешно они будут решаться, зависит судьба науки как социального института. В этом контексте принципиальную роль приобретают междисциплинарные подходы.

Наша цель - обратить внимание коллег на несколько областей, в которых информационные технологии будут играть возрастающую роль. Мне бы очень хотелось, чтобы деревья не заслоняли леса, чтобы отдельные примеры и результаты подчеркивали, а не скрывали главное - несколько крупных проблем, которые встали перед всем научным сообществом. Этот текст в какой-то мере отражает "философию", исполнителей нескольких крупных проектов, "центром кристаллизации" которых был или является в настоящее время Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН.

На будущие проблемы естественно посмотреть "сверху", увидеть их в контексте тех сверхзадач, которые предстоит решать исследователям в наступившем веке. В том, что коренные изменения, в том числе и касающиеся стратегии научных исследований, произойдут на наших глазах, сомневаться не приходится.

Для этого есть веские, внешние по отношению к науке, причины. В последние десятилетия коренным образом меняется мировая динамика. К примеру, в течение последних 100 тысяч лет, как утверждают демографы, численность населения мира росла со скоростью, пропорциональной квадрату числа людей. В течение последних двадцати с лишним лет этот закон изменился, и на наших глазах происходит демографический переход - резкое уменьшение скорости роста населения мира.

Разные модели дают довольно близкие значения численности человечества, на которой, вероятно, произойдет стабилизация. (Разумеется, модели строились, исходя из благоприятного сценария, в предположении об отсутствии мировых войн и глобальных катаклизмов, о сохранении нынешних тенденций.) Это 10-12 миллиардов человек. Однако независимо от конкретного числа ясно, что стратегия расширенного воспроизводства, под знаком которой прошли два предыдущих века, себя исчерпала. На первый план выходят стабилизация и стабильность.

Однако есть не менее важные внутренние причины изменения стратегии. В пятидесятые годы один из отцов квантовой механики Е.Вигнер опубликовал статью, посвященную пределам науки. По его мнению, развитие науки в будущем будут тормозить следующие факторы:

- увеличение пути до переднего края науки, что потребует от будущих исследователей потратить большую часть активной жизни на освоение уже накопленных результатов;

- сверхспециализация и рождение новых наук на стыке различных дисциплин приведут к утрате перспективы и общего языка даже у ученых, работающих в близких областях;

- экономический эффект большинства достижений в области фундаментальной науки окажется более чем скромным.

Станислав Лем в известной книге "Сумма технологии" предсказывал в 60-е годы отказ от научных исследований "по всему фронту", спад активности в ряде областей, снижение социального статуса ученых и уменьшение влияния науки на общество уже к концу XX века.

Когда эти прогнозы начали оправдываться, когда не только в отечественной, но и в мировой науке возникли серьезные трудности, эти взгляды стали особенно популярны и еще более радикальны. Автор одного из недавних бестселлеров Дж.Хорган предрекает конец большинства естественных наук уже в ближайшей перспективе.

Вместе с тем многое проясняется, если взглянуть на то, какие именно потребности общества удовлетворяла наука, каких результатов от нее ожидали, во что вкладывали деньги и усилия. Для краткости эти потребности назовем сверхзадачами.

Первой сверхзадачей науки в XX веке, несомненно, было создание систем вооружений и средств защиты. Бурное развитие физики, химии, механики, информатики, математики было, в первую очередь, связано с созданием новых видов оружия. По оценкам науковедов, более половины фундаментальных исследований в развитых странах в ушедшем веке инициировалась потребностями военно-промышленных комплексов.

Однако с созданием систем стратегических вооружений эти направления работ подошли к естественному пределу - ряд стран получили возможность нанести неприемлемый ущерб всем мыслимым противникам тысячи раз самыми разными способами. Соответствующие работы перестали быть стимулом для фундаментальных исследований и вышли на инженерный, технический уровень. По-видимому, создание нового щита и меча не будет сверхзадачей в начавшемся веке.

Не будет сверхзадачей и другое направление, ориентированное на создание новых технологий, направленных на расширенное воспроизводство, на создание новых товаров и услуг.

Здесь человечество столкнулось с жесткими ресурсными ограничениями. Например, сейчас в США годовое потребление нефти на душу населения в 250 раз превышает соответствующий показатель во многих развивающихся странах. И если последние захотят жить по стандартам развитых, то основная часть многих разведанных и доступных ресурсов окажется добыта в ближайшие пять лет.

Нельзя не согласиться с авторами известной книги "Фактор четыре" - если в XX веке промышленность стремилась производить больше и разнообразнее, то в XXI веке ей предстоит производить дешевле и экономичнее. Поэтому и производство товаров и услуг не будет сверхзадачей.

Однако о конце науки пока говорить рано. По-видимому, в новом веке будут свои сверхзадачи, которые и дадут новые стимулы к развитию исследований. Пока можно очертить три круга таких проблем.

В качестве первой сверхзадачи можно выделить управление риском и безопасностью сложных систем. Одной из главных функций науки в ближайшем будущем, по-видимому, станет прогноз и предупреждение бедствий, катастроф, других опасностей в природной, техногенной, социальной сферах. Причин для этого несколько.

Сложившаяся тенденция такова, что количество природных катастроф с большим экономическим ущербом за последние двадцать лет возросло вчетверо. Глобальные климатические изменения сопряжены со многими новыми угрозами. Кроме того мегаполисы и техносфера в целом стали крайне уязвимы, что показали и последние террористические акты в США.

По оценкам экспертов, ликвидация последствий Чернобыльской аварии только в том году, в котором она произошла, обошлась Советскому Союзу примерно в 10 миллиардов долларов. Не менее важно и то, что эта авария на десятилетия изменила стратегию развития атомной промышленности.

"Цена вопроса" здесь очень велика. Германия и Швеция отказываются от атомной энергетики, несмотря на большие издержки и неизбежное подорожание многих видов продукции, производимой в этих странах. Франция же, напротив, развивает эту отрасль форсированными темпами, стремясь довести до 90% долю электричества, вырабатываемого на АЭС. Во Франции развитие атомной энергетики рассматривается как важнейшее направление, обеспечивающее сохранение окружающей среды.

Новые технологии - создание микромашин, генная инженерия и та же атомная энергетика выводят на новый уровень пространственных и временных масштабов, на котором человечество раньше не оперировало. Например, многие радиоактивные отходы будут представлять опасность на временах в сотни тысяч лет. С другой стороны, ускоренная эволюция микроорганизмов, которую обеспечило массовое применение антибиотиков, с большой вероятностью сделает многие, не слишком тяжелые на сегодняшний день болезни, смертельными завтра. В XXI веке нас ждет много новых опасностей и постиндустриальных рисков. Естественно, здесь открывается огромный простор для компьютерного моделирования, прогнозирования, широкого применения вычислительных технологий.

Вторую сверхзадачу сейчас часто называют нейронаукой. Вступая в XXI-й век, важно осознать, что человек остается одной из главных загадок. Прежде всего это загадка в "техническом смысле". Скорость срабатывания нервной клетки - нейрона - в миллион раз меньше, чем скорость срабатывания логического элемента в персональном компьютере. Скорость передачи информации в нервной системе также в миллион раз меньше, чем в ЭВМ (она связана не только с электрическими, но и с химическими процессами и диффузией, а последние достаточно инертны).

Многие "выходные параметры" человека также достаточно скромны, - например, как показали психологи, он в состоянии следить не более, чем за семью переменными, меняющимися во времени.

Разумеется, это слишком оптимистичный взгляд. Число переменных, за которыми может эффективно следить человек, зависит от того, насколько быстро они меняются и насколько сложные управляющие действия связи с их вариациями могут понадобиться. В эргономике показывается, что в случае критической ситуации на дороге, в ходе воздушного боя или действий комплекса ПВО есть возможность следить и оперировать не более, чем с 2-3 переменными.

Несмотря на это человек решает многие задачи, связанные с распознаванием образов, с обучением, управлением движением на уровне современных суперкомпьютеров или лучше их. Это означает, что мозг основан на иных принципах, по сравнению с компьютером. Эти принципы пока не поняты. И отдельные успехи теории нейронных сетей только подчеркивают этот факт. Огромный, быстро растущий массив данных нейробиологии, нейрохимии, когнитивный психологии и многих других дисциплин пока ждет осмысления и отражения в компьютерных моделях, концепциях, теориях, использующих представления точных наук.

Социология и социальная психология показали, что человек оказывается загадкой и в социальном смысле. Несмотря на технологический прогресс и достаточно высокий уровень образования современного общества, оно оказывается крайне уязвимым относительно манипуляции общественным сознанием. Изменение шкалы ценностей, эволюция смыслов, предпочтений, поведенческих стратегий - огромное количество эмпирического материала - пока не привели к созданию теорий, обладающих предсказательной силой и использующих методы точных наук.

Можно предположить, что, как и при решении многих других фундаментальных задач, применение компьютерных технологий здесь будет все более широким и успешным по мере того, как углубляться наше понимание проблемы.

В этой связи можно привести следующую аналогию. Ключевым достижением XX века было открытие периодической таблицы - универсального "химического кода", на котором можно "записать" все вещества. И в конце прошлого века компьютерная химия завоевала принципиальные позиции. Несколько лет назад впервые Нобелевская премия по химии была присуждена математику и программисту за создание программы Gaussian - компьютерного "химического конструктора", позволяющего оценивать и прогнозировать свойства молекул, в которых не более 200-300 атомов. Обычно только после такого анализа в большинстве случаев становится ясно, можно ли синтезировать придуманную исследователями молекулу, каковы ее свойства и стоит ли это делать. В практику фармацевтических компаний вошло компьютерное проектирование лекарств. Глобальные компьютерные сети и технологии метакомпьютинга позволили начать крупнейший химико-биологический поиск веществ, замедляющих рост раковых опухолей или уничтожающих их, не повреждая здоровые ткани.

Одним из важнейших прогнозируемых достижений науки XXI века, по мнению многих экспертов, станет открытие "психологического кода". То есть выяснение способа кодирования, передачи, алгоритмов обработки информации в нервной системе, биохимический анализ работы сознания. Современные информационные технологии, использование ряда типов томографов и алгоритмов реконструкции объемных структур позволяют "увидеть мысль", - зафиксировать активность различных отделов мозга в режиме реального времени. Однако выяснение "психологического кода" может открыть новую главу информатики.

Третью сверхзадачу иногда называют альтернативной или теоретической историей. Эту задачу все чаще связывают с анализом стратегических рисков - событий, технологий, решений, которые могут существенно сузить коридор возможностей стран, регионов или цивилизаций, привести их к кризису или к катастрофе.

Масштаб деятельности человечества в XX веке не только превратил его в геологическую силу, как писал В.И.Вернадский. Этот масштаб заставил по-новому осмыслить прошлую и будущую траекторию нашей цивилизации. Глубина и высокий темп изменений, крушение ряда "больших проектов" поставили проблему анализа возможных исторических альтернатив. Академик Н.Н.Моисеев, который привлек к анализу этого круга проблем вычислительные технологии, назвал эту задачу проблемой изменения алгоритмов развития.

Речь идет о принципиальном переходе от существующего набора технологий, неразрывно связанных с потреблением невознобновляемых ресурсов и иерархическими системами управления, к спектру технологий, позволяющих существовать не ближайшие десятилетия, а века, от иерархических структур к сетевым управляющим системам. Предположение о разрешимости этой задачи - одна из основ концепции устойчивого развития.

Компьютерный анализ первых моделей мировой динамики, ориентированных на долговременный прогноз, показал, что сохранение нынешней экономико-технологической системы ведет к деградации и катастрофе. Последующие исследования, проведенные под руководством профессора В.А.Егорова в Институте прикладной математики АН СССР, использующие методы теории управления, показали, что стабилизация биосферы, техносферы, мирового сообщества возможна только при условии создания новых гигантских отраслей промышленности (в частности, связанных с рекультивации земли и переработкой уже накопленных отходов).

С тех времен прошло уже много времени, исследовательские центры, использующие вычислительные технологии, занимающиеся среднесрочными и долгосрочным прогнозированием, сейчас имеют не только все развитые государства, но и большинство транснациональных корпораций. В их задачу входит анализ вероятных будущих изменений и способов направить события в желаемое русло.

Первые работы, посвященные количественному анализу мировой динамики, появились три десятилетия назад. Более двадцати лет назад Олвину Тоффлеру, нарисовавшему проект мира будущего, была присуждена Нобелевская премия по экономике. Многократно увеличились возможности компьютеров. Тем не менее остается констатировать, что уровень компьютерных моделей и систем прогноза остается не сравним с масштабом и остротой проблем, вставших и перед мировым сообществом, и перед Россией. В частности, концепция устойчивого развития, положенная в основу многих национальных доктрин и стратегий, пока не имеет убедительного системного, естественнонаучного и компьютерного обоснования.

Обращу внимание на то, что все эти сверхзадачи являются междисциплинарными. Это предполагает наличие общего языка и общих представлений о целом, о стратегических, глобальных, а не только локальных проблемах. Отсюда вытекает и необходимость "проще и понятнее" объяснять новым поколениям исследователей и руководителей имеющиеся достижения и стоящие задачи. Роль "системного интегратора", облегчающего восприятие имеющихся знаний и информационных потоков, извлечение следствий из имеющихся фактов, количественная и качественная оценка влияния различных факторов на исследуемые явления, прогноз последствий принимаемых решений, по-видимому, и будут обеспечивать информационные и вычислительные технологии.