**Цивилизация богов. Прогноз развития науки и техники в 21-м столетии**

**Второе десятилетие (2010-2020 гг.)**

Андрей Капаций

Расцвет сравнительной генетики человека. Совершенствование базы данных генетических текстов человека. Изучение механизмов формообразования человеческого организма. Понимание некоторых причинно-следственных связей, определяющих влияние генов на форму и наоборот. Завершение в основном сопоставления отдельных генов и их групп и кодируемых ими признаков. Определение пространственной структуры важнейших белков человека при помощи новых технологий. Трудности при сопоставлении групп генов и кодируемых ими белковых молекул. Методы определения пространственной структуры белковых молекул. Компьютерная цитология. Изучение последовательностей «белок - биохимическая реакция». Первые компьютерные модели клеток человеческого организма. Создание интерактивной компьютерной модели неспециализированной клетки человека. Начало теоретических работ по оптимизации человеческого организма. Первые оптимизированные сельскохозяйственные растения. Трудности нравственного порядка при создании оптимизированных животных. Национальные программы по оптимизации важнейших сельскохозяйственных растений и животных. Новая концепция питания человека. Лечение большинства наследственных заболеваний. Лечение многих форм рака. Широкое использование класса лекарств, нормализующих работу генов. Применение иммунных комплексов для лечебных и профилактических целей. Совершенствование компьютерной модели эталонного генома человека. Компьютерные модели эталонных геномов некоторых животных. Поиск биологически активных веществ, способных взаимодействовать с ДНК человека. Понимание механизмов связывания биологически активных веществ с определенными участками ДНК. Средства целевой доставки препаратов генной терапии. Перспективы применения технологий генного регулирования для человеческого организма. Применение средств генного регулирования для выращивания тканей и органов вне организма человека. Использование в военных целях знаний о генном регулировании. Промышленные селективные технологии на основе специфических белков. Извлечение полезных компонентов из морской воды. Разработка универсального программного обеспечения для сведения воедино существующих научных баз данных. Производство суперкомпьютеров мощностью в один миллион Терафлоп. Совершенствование систем компьютерной визуализации. Единые стандарты на создание трехмерных изображений и компьютерных моделей. Прорыв в понимании процессов запоминания и мышления в человеческом мозгу. Новые способы ввода информации в мозг человека. Технологии каталитических и абсорбционных матриц. Получение первых объемных микросхем методами молекулярной сборки. Производство различных материалов с заданными свойствами. Получение новых видов керамики с улучшенными свойствами. Разработка искусственных фотокатализаторов для получения молекулярного водорода из воды. Разложение воды на водород и кислород низкоэнергетическими фотонами. Изменение структуры сырьевой базы мировой энергетики. Трудности при использовании водородного горючего. Новые технологии хранения водорода. Роботы – домашние помощники и секретари. Производство микророботов.

Второе десятилетие двадцать первого века стало периодом бурного расцвета сравнительной генетики человека. К этому времени были созданы и постоянно совершенствовались интеллектуальные автоматические системы, которые позволяли при незначительном участии специалистов расшифровывать генетические тексты генома человека. В начале десятилетия подобными исследованиями занимались большие коллективы генетиков-аналитиков, насчитывающие в своем составе несколько сот участников. Расшифровка каждого нового генома требовала существенных денежных затрат, участия множества специалистов, тщательного отбора генетического материала и являлась недоступной для подавляющего большинства населения планеты. Вместе с тем, существовал постоянный спрос на расшифровку собственных генетических текстов со стороны богатых людей планеты, желающих из любопытства или по необходимости получить подробную информацию о собственном генетическом строении. Научная ценность такой информации была несколько ниже, чем полученная учеными в плановых исследованиях при выполнении научных программ. Причиной этого являлись ограничения этического, юридического и финансового характера, налагаемые на полученные данные по требованию заказчика исследований. И все же полученная информация существенно помогала развитию сравнительной генетики человека, способствуя нахождению новых обобщений, взаимосвязей и корреляций.

К концу десятилетия процедура расшифровки индивидуального генома значительно удешевилась и стала доступной для среднего класса. Это произошло благодаря появлению полностью автоматических систем расшифровки генетических текстов, оснащенных интеллектуальным программным обеспечением. Расшифровка генома человека перешла в разряд обыкновенных медицинских процедур и исследований. Во многих крупных городах планеты на базе существующих центров генетических исследований стали оказываться новые виды услуг – частичная или полная расшифровка индивидуального генома человека. Удешевление генетических исследований привело сразу к нескольким положительным последствиям. Во-первых, средний класс стал массовым потребителем новых услуг, обеспечивая тем самым финансирование все новых направлений в сравнительной генетике человека. Во-вторых, ученые получили для работы постоянный приток дополнительной и недорогой информации. В-третьих, качество этой информации было заведомо высоким, поскольку расшифровкой собственного генома занимались люди либо с наследственными заболеваниями, либо с выдающимися признаками, как психологическими, так и морфологическими. Необходимость и вера в свою исключительность, категории столь почитаемые человеком, стали теми факторами, которые обеспечивали достаточно представительную и интересную выборку индивидуальных генетических текстов из общего генофонда человечества.

Успешное применение технологий расшифровки индивидуальных генетических текстов на повестку дня выдвинуло вопрос о всеобщей генетической паспортизации человека. У этой идеи, которая вполне могла осуществиться уже в ближайшем будущем, были как сторонники, так и противники. Основным аргументом первых являлась вера в то, что человеку необходимо указывать верный жизненный путь, исходя из его генетических предпосылок и признаков, даже в принудительном порядке. А для этого необходим свободный доступ к полной наследственной информации о человеке. Геном человека, по их мнению, предопределял образ жизни индивидуума, выбор профессиональной деятельности и увлечений, а также выбор партнера для создания семьи и обзаведения потомством. Противники идеи всеобщей генетической паспортизации говорили об опасности дискриминации человека по генетическим признакам, о свободе выбора образа жизни, о тотальном контроле над людьми и т.п. Как всегда в подобных случаях споры то разгорались, то затухали, а колесо прогресса продолжало неумолимо катиться вперед.

Удешевление генетических исследований привело к тому, что в распоряжении ученых появилось большое количество новой информации. Поступающая информация способствовала формированию достаточно полной базы данных генетических текстов человека. Анализ обобщенных данных, полученных на основе расшифровки нескольких тысяч индивидуальных геномов, в том числе и геномов человеческих зародышей, позволил с большой точностью сопоставить большинство генов и групп генов с морфологическими признаками человека и с функциями белков, вырабатываемых в организме человека.

Удалось также определить группу так называемых «архитектурных генов», ответственных за трехмерные параметры человеческого организма (внешний вид, размер, количество и расположение органов). «Архитектурные гены» реализовывали заложенную в них «программу» на этапе формирования из оплодотворенной клетки новорожденного организма, или иными словами регламентировали развитие зародыша. Основной функцией «архитектурных генов» являлось обеспечение правильной пространственной организации растущего организма. Поскольку все гены реализуют свои «программы» посредством синтеза белковых молекул, то параллельно с определением группы «архитектурных генов» также были определены белки, обеспечивающие пространственную организацию развивающегося человеческого организма. С целью систематизации обширной информации были составлены маршрутные карты общего вида «ген – белок – признак». Такие маршрутные карты содержали описание механизмов реализации признаков, а также описание известных взаимосвязей между генами, белками и признаками. Таким образом, была определена укрупненная картина процессов, сопровождающих рост и развитие человеческого организма, во всей своей сложности, включая схему подчиненности генов, временные параметры работы генов, взаимоотношения генов, белков и признаков между собой.

И хотя создание завершенной картины функционирования «архитектурных генов» требовало существенных затрат времени и интеллектуальных титанических усилий, основные принципы и механизмы их работы были уже поняты. Группа «архитектурных генов» насчитывала около шести тысяч генов, которые в своих различных комбинациях кодировали информацию о синтезе нескольких десятков тысяч белков.

Также в основном была определена группа генов, ответственных за процессы метаболизма, как на клеточном уровне, так и на уровне тканей, отдельных органов и всего организма. Такие гены определяли посредством функциональных белков, как правило, единичную биохимическую реакцию, либо несложную последовательность биохимических реакций. Маршрутные карты для генов, определяющих процессы метаболизма, имели вид «ген – белок – биохимическая реакция». Подобных маршрутных карт было составлено около тридцати тысяч, в то время как для полного описания всех существенных метаболических реакций человеческого организма требовалось отследить порядка двухсот тысяч биохимических реакций, которые осуществлялись при участии сотен тысяч белков.

Изучение этой наиболее обширной группы генов сталкивалось с серьезными трудностями. Сотни тысяч белков, которые участвовали в метаболических реакциях внутри различных по своему функциональному назначению клеток, и обеспечивали разнообразные внутриклеточные процессы, с большим трудом поддавались исследованиям. Главными препятствиями для исследователей являлись малые количества белковых молекул в клетке, скоротечность процессов синтеза и разрушения белка в живом организме, необходимость вести наблюдение за поведением молекул непосредственно в живой клетке. Малые размеры исследуемых белковых молекул и постоянное их нахождение среди тысяч других молекул тормозили работы по идентификации белков и сопоставлению их с биохимическими реакциями. К тому же в живой клетке одни из белковых молекул могли быть природными катализаторами или ингибиторами тех биохимических реакций, в которых сами не участвовали. Свойства, проявляемые белком в живой клетке, значительно отличались от свойств этого же белка, определенных в лабораторных условиях. По этим причинам в маршрутных картах «ген – белок – биохимическая реакция» оставалось много неисследованных белых пятен по позиции «белок» и еще больше по позиции «биохимическая реакция». Само собой разумеется, что совершенно неисследованными оставались вопросы взаимодействия белков и биохимических реакций, как между собой, так и друг с другом.

Значительно уменьшилась группа генов с неясными функциями по сравнению с уровнем знаний десятилетней давности. Были выделены участки генома человека, которые отвечали за обслуживание самой молекулы ДНК, в том числе принимающие участие в процессах разворачивания и сворачивания молекулы, служащие маркерами для присоединения ферментов, выполняющие функции количественного и временного учета обслуживающих молекулу ДНК процессов. Еще одна группа генов несла в себе информацию, описывающую фундаментальные принципы функционирования всего генома, и уже зафиксированную в других участках генома, но закодированную иным расположением нуклеотидов. Так было обнаружено резервное изложение фундаментальных принципов функционирования генома, записанное другими символами.

После выделения основных групп генов и выяснения их функций осталось еще достаточное количество генов в геноме не относящихся к любой из вышеперечисленных групп. Это были старые отбракованные в процессе эволюции гены, кодирующие устаревшие признаки, биохимические реакции и просто различные команды и инструкции. Эта накопленная за тысячелетия эволюции информация являлась устаревшей и в настоящее время была невостребованная, однако эволюционные процессы не привели к ее уничтожению, а напротив сохранили ее в неизменном виде. И это был бесценный материал для генного конструирования и оптимизации организма человека.

Следует заметить, что существующие трудности при исследовании структуры белковых молекул были хотя и велики, но принципиально преодолимы. Технические достижения способствовали созданию современного высокоэффективного инструментария для определения пространственной структуры белковых молекул, как в неподвижном состоянии, так и в процессе их участия в биохимических реакциях. Знание свойств белковых молекул и детального расположения атомов в них являлось чрезвычайно важным для генетики, биологии, фармакологии и многих других наук. Поэтому любые достижения в обеспечивающих производственных отраслях, научных и технических дисциплинах, незамедлительно брались на вооружение учеными, если их использование позволяло ускорить исследования человеческого генома.

Используя ультраяркие источники рентгеновского излучения, ученым удалось получить большие серии снимков и зафиксировать кадр за кадром развитие многих биохимических реакций. Этот метод исследований основывался на эффекте неодинакового поглощения рентгеновских лучей химическими элементами с различным атомным весом, на технической возможности создания ультраярких и сверхкоротких рентгеновских импульсов, на использовании сверхмощных компьютеров для расчетов. Для уточнения полученных данных параллельно применялся и традиционный метод, основанный на анализе информации о рассеянии рентгеновских лучей на белковой молекуле. В этом случае на суперкомпьютерах обрабатывалась информация об интенсивности рассеяния, углах рассеяния и о сдвиге фаз рассеянных лучей.

В это же время началось интенсивное использование в биохимии и генетике технологий, основанных на процессах рассеяния нейтронов на протонах. Эти технологии будто специально были созданы для исследования биологических объектов, имеющих в своем составе множество атомов водорода. Технологии нейтронного рассеяния базировалась на физическом эффекте хорошего рассеяния нейтронов на протонах. То, что биологические объекты (структурные части клеток, белковые молекулы, ДНК и другие) были «перенасыщены» водородом, позволяло при воздействии на них пучка нейтронов получать четкие картины распределения атомов водорода в пространстве. Приняв за точку отсчета эти своеобразные маркеры, можно было, в первом приближении, строить модель исследуемой молекулы, либо структурной части клетки. Последующее уточнение строения исследуемого объекта проводилось при помощи ультраярких источников рентгеновского излучения, а также расчетными методами. Технология рассеяния нейтронов на протонах позволила изучать строение белковых молекул с большим молекулярным весом, и даже некоторых внутриклеточных структур.

Не были оставлены в стороне и традиционные методы изучения структуры и строения белковых молекул, такие как криоэлектронная микроскопия, кристаллография с атомным разрешением, ядерный магнитный резонанс и другие.

Применение учеными совокупности известных методов изучения органических соединений при исследованиях структуры и свойств белковых молекул и механизмов реализации биохимических реакций, перевели задачи, поставленные в программе «Белок человека», в разряд успешно решаемых. Накопление полного объема информации по данной проблеме было только вопросом времени. Стартовавшая в прошлом десятилетии глобальная исследовательская программа «Белок человека», участие в которой приняли сотни научных государственных и частных компаний, привела к впечатляющим практическим результатам.

За время реализации этой программы была определена полипептидная структура более пятисот тысяч различных белков человека. Совершенное программное обеспечение для компьютерного моделирования способствовало построению достоверных моделей трехмерной структуры белковых молекул, исходя из их двухмерной полипептидной последовательности. Ситуация чем-то напоминала ситуацию уже имевшую место на рубеже веков, когда при первой расшифровке генома человека накопились гигантские объемы информации, требующие систематизации, сведения в единую общую модель. И если для систематизации расшифрованных последовательностей нуклеотидов человеческого организма и построения единой модели человеческого генома потребовалось более десяти лет, то систематизация знаний о строении сотен тысяч белков человеческого организма требовала большего времени. Сложность программы «Белок человека» была почти на три порядка выше, чем программы расшифровки человеческого генома, выполнение которой еще совсем недавно казалась пределом возможного.

Многочисленные достижения в различных областях науки и техники помогли определить к концу десятилетия полипептидную и пространственную структуру около полумиллиона белков, синтезируемых в организме человека. Однако до получения завершенной картины функционирования белков в человеческом организме было еще далеко. Причиной этого являлись трудности количественного порядка. В геноме человека насчитывалось порядка ста тысяч генов, из которых при синтезе белков использовалось не более половины. В то же время, в клетках человеческого организма для обеспечения нормального функционирования синтезировалось постоянно около миллиона различных белков. Было совершенно очевидным, что за синтез определенного белка отвечает не один ген, а целая группа, которая может состоять из различного количества генов. Таким образом, насущной задачей становилось составление полных маршрутных карт «группа генов – белок – биохимическая реакция», для чего требовалось определить сочетания генов, отвечающие за синтез белковых молекул, общее количество которых приближалось к миллиону.

В то же время миллион различных белков человеческого организма, каждый из которых способен вступать в химические реакции с органическими и неорганическими соединениями, которые во множестве находились в живой клетке, предопределял астрономические количества потенциально возможных химических реакций. Многие из них действительно осуществлялись в функционирующих клетках. Достоверно определить именно те биохимические реакции, которые являлись функциональными для каждой белковой молекулы, и отсечь десятки тысяч других возможных вариантов, которые не являлись важными для человеческого организма, было сверхсложной задачей. Эту задачу необходимо было решать незамедлительно, поскольку без этих базовых знаний невозможно было определить истинную картину функционирования человеческого организма на всех уровнях и, следовательно, двигаться вперед по пути прогресса. Главную роль в сложном и многоаспектном процессе функционирования живого человеческого организма играл, несомненно, белок, как класс химических соединений. Только владение полной информацией о первичной и пространственной структуре всех белков, входящих в состав организма человека, об их свойствах, функциональном назначении, взаимосвязях между собой и о взаимодействии с другими химическими соединениями, могло дать целостную картину устройства человека, как вместилища астрономического числа согласованных химических реакций.

Полное знание о белках человеческого организма являлось тем фактором, который определял темпы движения земной цивилизации вперед и сроки будущих, кажущихся сегодня фантастическими, достижений. И хотя астрономические цифры, характеризующие масштаб необходимых вычислений, были явно не на стороне ученых, человечество, собрав в кулак всю мощь накопленных знаний и умений принялось за разрешение очередного узла проблем. Познание тайны белка человеческого организма было многоаспектной проблемой и требовало параллельного решения еще нескольких трудоемких задач. Одна из них – задача сопоставления групп генов и кодируемых ими белков успешно решалась, и ее выполнение ожидалось в скором будущем. Другая задача, которая заключалась в сопоставлении конкретных белков с конкретными биохимическими реакциями, и должна была дать ответ на вопрос о функциях известных белковых молекул, требовала для своего решения дополнительных усилий и затрат времени.

Изучение функций белка в организме человека не могло оставить в стороне проблему пространственного сворачивания белковых молекул. Суть этой проблемы заключалась в различиях пространственной структуры белковой молекулы на стадии ее синтеза и во время осуществления основной функции в организме человека. Синтез молекулы белка осуществляется путем создания полипептидной последовательности или линейной белковой структуры. Для реализации своей функции белковая молекула сворачивается в пространстве индивидуальным образом. Процесс сворачивания может быть осуществлен многократно, и каждый раз сворачивание белковой молекулы происходит одинаковым образом. При сворачивании белок активизируется, его центральная часть образует индивидуальный трехмерный узор, так называемый активный комплекс, который является индивидуальным катализатором, ингибитором или просто нейтральным участником определенной биохимический реакции. Двадцать аминокислот, из которых состоят все известные нам природные белки, в своих разнообразных комбинациях образуют миллионы различных белковых молекул со своими специфическими свойствами и функциями. Как же нелегко изучить и однозначно понять все это многообразие, порожденное Природой.

Для облегчения задачи определения пространственной структуры белка и уменьшения числа необходимых вычислений были разработаны и успешно применялись несколько изящных методов и подходов.

Определение пространственной структуры белка по его аминокислотной последовательности (линейной структуре) успешно осуществлялось на основе анализа имеющейся информации о пространственной структуре белков, обладающих первичной структурой, схожей со структурой исследуемого белка. За основу брались хорошо изученные белки. Их известная пространственная структура, использовалась в качестве первого приближения к структуре исследуемого белка, а затем уточнялась другими методами.

Хорошее качество предсказания пространственной структуры белковых молекул давал метод математического моделирования. Этот метод основывался на анализе всех вариантов взаимодействия отдельных атомов между собой в процессе сворачивания известной первичной структуры белка в определенных условиях. За основу брался постулат, что искомая пространственная структура должна обладать минимумом свободной энергии. Данный метод требовал применения суперкомпьютеров мощностью в одну тысячу Терафлоп и более. На практике использовались математические модели с заданным приближением к истинной пространственной структуре белковой молекулы.

Оригинальным методом, упрощающим задачу сопоставления функциональных звеньев «белок – биохимическая реакция», был метод моделирования взаимодействия двух и более свернутых белковых молекул, на основе взаимодействия их выделенных активных комплексов. Данный метод применялся в компьютерном моделировании при изучении взаимодействия белковых молекул между собой, а также с различными химическими соединениями. Выделение в каждой белковой молекуле активного комплекса, принимающего участие в химических реакциях, позволяло при математическом моделировании учитывать около десяти процентов от всего количества атомов данной белковой молекулы, что в тысячи раз уменьшало объем необходимых вычислений и сокращало время использования суперкомпьютеров.

Во многих случаях сама природа помогала ученым, подсказывая более простые пути решения поставленных задач. Зачастую для сопоставления групп генов и кодируемых ими белковых молекул, а также сопоставления белков и биохимических реакций, не требовалось проводить сложные исследования и расчеты с использованием генетического и цитологического материала человека. Требовалось просто обратиться к знаниям, полученным при расшифровке геномов и изучении белков микроорганизмов, грибов, дрожжей и растений. Учитывая то, что все формы жизни на нашей планете используют единый генетический и аминокислотный код, и тот факт, что при всем многообразии своих творений Природа лучшие эволюционные находки тиражирует во многих видах организмов, многие интересующие ученых ответы можно было получить при изучении простейших организмов.

Как правило, геном простейших организмов содержал меньшее количество генов, чем геном человека. Количество синтезируемых белков и биохимических реакций, присущих этим организмам также было меньше, чем в организме человека, что значительно облегчало научные исследования. Многообразие живых существ на Земле и впечатляющая приспособляемость их к различным условиям обитания давали хорошие шансы на обнаружение большинства специализированных белков и ключевых биохимических реакций в более простых формах земной жизни. Примером этого может служить тот известный факт, что ферменты человеческого организма, выполняющие достаточно специализированные функции, могут быть обнаружены во многих микроорганизмах, где изучать их свойства гораздо проще, чем в человеческом организме. Конечно, полное соответствие случалось далеко не всегда, поэтому результаты исследований применялись к белкам человеческого организма с учетом специфики более сложного метаболизма, свойственного человеку.

Всестороннее изучение причинно-следственных связей типа «белок – биохимическая реакция» привело, помимо всего прочего, к углубленному исследованию самих биохимических реакций, а также их последовательностей, этих важнейших составляющих процессов жизнеобеспечения в живой клетке. Непрекращающийся процесс реализации индивидуальной совокупности биохимических реакций является целью и главной функцией любой живой клетки. Теоретически, зная назначение любой специализированной клетки, обратным счетом можно определить и цепочку биохимических реакций, составляющих клеточную функцию. Конечно, это невозможно сделать с нуля, не имея серьезной теоретической базы. Но к рассматриваемому периоду времени человечество уже владело необходимыми знаниями о строении живой клетки, механизмах её функционирования, о структуре, составе и свойствах клеточных составляющих. Как кусочки мозаики, все новые и новые знания, нарабатываемые различными научными дисциплинами, заполняли белые пятна на общей карте строения и функционирования клетки.

К этому времени уже существовало несколько компьютерных моделей живой клетки, которые были разработаны как в рамках государственных программ, так и благодаря частной инициативе. Некоторые из них были размещены на серверах для свободного пользования, к другим имели доступ только разработчики. Компьютерные модели клеток человеческого организма разрабатывались под разные потребности, зачастую по специфическим заказам и характеризовали несколько десятков специализированных клеток, что являлось значительным шагом естественных наук вперед. Все компьютерные модели были неполными, однако, их детализация и достоверность были достаточными для решения многих задач фармакологии, биохимии, генетики. Для многих задач, встающих перед учеными, совсем не обязательно было моделировать все элементы клетки или моделировать их с высокой степенью детализации. Лучшие из существующих моделей имели степень детализации для отдельных клеточных составляющих на уровне атомов, для большинства белковых молекул на уровне активных комплексов, а значительная часть второстепенных составляющих описывалась как набор параметров. Помимо этого многие компоненты клетки были совсем не исследованы, либо еще вовсе не известны. Несмотря на отсутствие полных знаний, наука подошла вплотную к созданию компьютерной модели неспециализированной клетки человека, как закономерному развитию имеющихся наработок.

Полная компьютерная модель неспециализированной клетки человека должна была объединить все существующие компьютерные модели различных клеток, а также множественные компьютерные модели белков и других клеточных составляющих. Эту большую работу начал осуществлять международный коллектив ученых, объединивший лучших профессионалов национальных и частных компаний. Полная компьютерная модель живой клетки изначально разрабатывалась с расчетом на свободный к ней доступ и возможность интерактивной работы. Каждый из специалистов, независимо от страны проживания, имел возможность пополнить данную модель собственной важной информацией и вскоре увидеть ее уточненной на основе этой информации. Высокая степень сложности живой клетки требовала постоянного применения сверхмощных компьютеров для построения и уточнения клеточной модели. Таких компьютеров на планете имелось уже большое количество. К тому же любые учреждения, организации и рядовые пользователи могли в любое время через глобальную сеть задействовать свободные компьютерные ресурсы для совершенствования модели живой клетки. Подобное активное отношение к решению общечеловеческих проблем приветствовалось и поощрялось общественным мнением. Таким образом, в создании компьютерной модели клетки человека участвовали все желающие, без каких- либо запретов или ограничений. Суммарная мощность постоянно включенных компьютеров составляла в среднем одну тысячу Терафлоп, чего в принципе было достаточно для уточнения интерактивной модели живой клетки в режиме реального времени, в режиме поступления новых знаний.

Даже первый далеко несовершенный вариант общедоступной компьютерной модели практически сразу повысил эффективность текущих научных исследований и разработок. Специалисты десятков профессий, имеющие светлые головы и новые теории, но не имеющие в достатке денежных средств на собственные исследования, получили равные шансы на воплощение своих разработок.

От базового варианта компьютерной модели неспециализированной человеческой клетки в конце десятилетия отпочковалось несколько упрощенных моделей, предназначенных для решения более узких задач. Биохимики, например, работали с моделью, которая представляла живую клетку как набор взаимосвязанных химических реакций. Цитология получила модель, в которой клетка была представлена как объект со стабильно повторяющимися функциями, выполнение которых задавалось клеточными компонентами. Генетиков интересовал механизм включения (активации) генов в процессе жизнедеятельности клетки, они рассматривали модель живой клетки с точки зрения очередности отработки генами своих программ.

Эксперименты на живой клетке всегда были связаны со значительными трудностями и неудобствами, а зачастую были просто неэффективны. Устойчивые взаимосвязи между клеточными компонентами и биохимическими реакциями, которые требовалось определить в ходе экспериментов, во многих случаях просто терялись среди огромного числа разнообразных взаимосвязей между клеточными компонентами, химическими соединениями и продуктами химических реакций, находящимися в клетке. Человек не в силах был эффективно анализировать большие количества экспериментальных данных и выделять среди них важнейшие, поэтому подключался к работе с информацией на стадии обобщений и анализа закономерностей и тенденций. Компьютер же никогда не теряющий ни капли информации, любые самые незначительные данные учитывал при построении компьютерной модели и был незаменим на этапе учета и первичной обработки экспериментального материала.

Задача построения полной компьютерной модели живой клетки человека, являлась самой сложной из задач, которые приходилось решать человечеству за всю историю научных исследований. Точное знание (истина) о принципах и механизмах функционирования и устройства живой человеческой клетки давало человечеству реальные рычаги переустройства мироздания. Полная компьютерная модель клетки человеческого организма содержала в себе огромный потенциал развития и предопределяла перспективу построения компьютерных моделей более высокого порядка – уровня функционирующих тканей, органов и организма в целом. Понимание законов эволюции клеточной модели давало возможность превентивно отрабатывать пока еще теоретические представления об оптимизации, улучшении живой клетки человека, а в частных случаях конструировать элементы для оптимизации тканей, функциональных систем и всего организма в целом.

Уже первые результаты изучения метаболических реакций и продуктов внутриклеточного метаболизма привели исследователей к выводам о плохой совместимости соседствующих в клетке веществ и реакций, что ухудшало функционирование клетки в процессе ее жизнедеятельности. Поэтому вопросы оптимизации метаболических реакций и конструирования улучшенных функциональных внутриклеточных компонентов в ближайшем будущем обещали стать весьма актуальными.

Начало десятилетия было отмечено значительным ростом прикладных исследований по оптимизации значимых для человека сельскохозяйственных культур. Методы «компьютерной селекции», основанные на полной информации о генетических текстах сельскохозяйственных растений позволили создавать компьютерные оптимизированные геномы с высокой степенью достоверности. Проверка построенных компьютерных геномов на практике порой занимала больше времени, чем процессы их оптимизации и конструирования. Сроки выращивания растений составляли всего несколько месяцев, и это позволяло очень быстро отсеять неверные и опасные варианты и сосредоточить усилия на перспективных моделях. Даже первые практические результаты были ошеломляющими. Увеличение урожайности в два раза, полученное за счет улучшения генома растений естественными генами близкородственных растений при помощи методов генной инженерии, стало настоящей революцией в сельском хозяйстве. Если добавить к этому такие качества оптимизированных растений как устойчивость к неблагоприятным погодным факторам и сельскохозяйственным вредителям, а также самодостаточность в снабжении минеральными удобрениями, то становилось очевидным, что начавшиеся процессы в скором будущем могут привести к серьезным социальным последствиям в мировом масштабе. Одним из таких последствий как ожидалось, могло быть изменение экономической специализации и структуры сложившегося хозяйства многих развивающихся стран, экспортеров продуктов растительного происхождения.

К концу десятилетия новые оптимизированные сорта растений, имеющих уникальные признаки, посыпались как из рога изобилия. Растения как объект экспериментирования оказались чрезвычайно благоприятным материалом для реализации самых смелых замыслов ученых. Процесс «компьютерной селекции» новых сортов занимал в простых случаях одну две недели работы, в сложных случаях требовалось несколько месяцев. Сборка оптимизированного генома опытного растения в лабораторных условиях занимала примерно такое же время. Выращивание нового сорта на почве занимало несколько месяцев. В любом случае, от момента создания компьютерной модели оптимизированного генома до момента проверки полученных живых растений на соответствие запланированным признакам проходило не более года.

Десятки тысяч специалистов, работающих в индустрии оптимизации растений, в течение одного года работы могли поставить на мировой рынок десятки тысяч новых сортов всех известных сельскохозяйственных растений. Столь внушительный поток новых сортов растений вносил большую неопределенность в будущее сельскохозяйственного бизнеса, угрожал остаться не у дел миллионам сельскохозяйственных производителей. Бурные процессы в сельском хозяйстве пока еще сдерживались государственными институтами, а также самой необходимостью тщательных испытаний полученных растений. Существовала реальная опасность попадания в биосферу оптимизированного наследственного материала и дальнейшего его случайного внедрения в геномы тех растений и организмов, которые не предполагалось подвергать каким-либо улучшениям. Именно такое опасение стало основным сдерживающим фактором для массового внедрения оптимизированных растений. Именно поэтому каждый новый сорт подвергался продолжительным и тщательным исследованиям. В общем случае сложилась ситуация когда наука могла кардинально изменить растениеводство в сельском хозяйстве, но вынуждена была сдерживать свои возможности из-за обоснованных опасений по поводу неконтролируемого распространения оптимизированного генетического материала.

Подобные проблемы возникали также в тех отраслях, где использовались оптимизированные естественными генами дрожжи, грибы, микроорганизмы. В первую очередь это касалось перерабатывающей, пищевой и фармацевтической отраслей промышленности.

Параллельно процессу улучшения уже известных сельскохозяйственных растений в научных учреждениях многих государств, шел процесс конструирования при помощи технологий «компьютерной селекции», уже не новых сортов полезных растений, а новых видов растений, обладающих полезными множественными признаками. Работы эти предопределяли скорые серьезные преобразования в мировом сельскохозяйственном производстве. Конструирование новых видов растений являлось занятием намного более сложным, чем создание новых сортов по той причине, что требовало взаимной увязки фрагментов генетических текстов различных видов земной флоры. Для удобства работы для всех изученных растений были созданы маршрутные карты общего вида «группа генов (ген) – признак». Десятки тысяч маршрутных карт сводили к единым стандартам всю информацию, нарабатываемую разными науками. Для создания нового вида растений с заданными признаками требовалось отобрать группы отвечающих за эти признаки генов и увязать их между собой, а также с наследственным материалом базового растения. Кажущаяся простота принципа конструирования новых видов на практике обернулась сложнейшей задачей для генной инженерии, цитологии и программирования, как впрочем, любая инновационная работа, поскольку требовала учета тысяч неизвестных ранее взаимосвязей и факторов.

Разнообразие флоры на нашей планете и миллионы лет естественного отбора привели к тому, что растения заняли экологически ниши существования в широком интервале температур, влажности, освещенности, концентраций химических веществ. Поэтому вполне реальным являлось создание в ближайшем будущем новых видов растений, которые могли бы плодоносить и развиваться в любом климатическом поясе Земли, за исключением может быть Антарктиды и Крайнего Севера.

Достаточно интересно развивался процесс решения проблем, связанных с оптимизацией генома животных. Если в начале века казалось, что основной целью оптимизации генома животных есть удовлетворение потребностей человека в пище, одежде, медикаментах, то спустя всего лишь десятилетие проблема стала выглядеть иначе. Превращение сельскохозяйственных животных в узкоспециализированные биологические машины по производству продуктов питания и фармацевтических препаратов, которое являлось технически выполнимым и реальным, было отложено на неопределенный срок.

В основу такого решения были положены этические и практические соображения. Фантастические возможности генетики вступили в противоречие с этикой и моралью человеческого общества. Защищенные здоровым консерватизмом, нравственные ценности человечества определяли взвешенное и осторожное отношение к революционным переменам в любой сфере жизнедеятельности человека. Вмешательство в генотип животных, особенно млекопитающих, затрагивало сложившуюся систему нравственных ценностей, обесценивало в глаза общественности самого человека. К тому же значительная часть населения Земли считала человека созданием божьим.

Помимо этого существовала известная опасность попадания оптимизированного наследственного материала в генотипы иных видов животных с возможными негативными последствиями. Еще одной неприятной стороной проведения опытов на животных была необходимость уничтожать многочисленные неудачные образцы, многие из которых могли быть успешно использованы в фильмах ужасов. Многочисленные аргументы, призывающие к осторожности, сформировали общественное мнение, которое выражалось в старой русской пословице «Семь раз отмерь, один раз отрежь».

Одновременно зародилась новая концепция, которая в ближней перспективе могла привести к решению проблемы оптимизации генома животных для удовлетворения потребностей человека без ущемления традиционной морали и этики. Она заключалась в совершенствовании самих продуктов питания. Конечной целью, в соответствии с новой концепцией, предполагалось получение на основе оптимизированных и искусственных растений и микроорганизмов новых, ранее не существующих продуктов питания. Перед учеными была поставлена общая задача замены животной пищи (в первую очередь, конечно же, мяса) на продукты растительного происхождения. При этом автоматически накладывалось вето на ухудшение свойств новых видов продуктов. Подобная концепция дала мощный импульс наукам, связанным с изучением растений. Некоторые из морских государств разработали национальные исследовательские программы, направленные на изучение и оптимизацию морских организмов, в том числе и рыб. Эксперименты по оптимизации генома рыб оказались тем компромиссом между возможностями науки и техники, с одной стороны, и требованиями морали и этики, с другой. Финансовый капитал и научные силы, отложив на время вопросы оптимизации сельскохозяйственных животных, переключились на финансирование и производство работ по изучению генетического материала морских организмов.

Дальнейшее решение проблемы питания человеческого общества в целом с позиций новой концепции виделось через оптимизацию генома и улучшение организма самого человека, вначале естественными генами, а позже и искусственными генами. Человек, имеющий оптимизированный геном, как представлялось, будет довольствоваться гораздо меньшим объемом пищи и использовать пищу с более высоким КПД. В дальнейшем предполагалось, что категории пища и энергия все более будут отдаляться друг от друга.

Современный человек нуждается в больших количествах белка для строительства и ремонта своего организма. Энергетические потребности организма человека традиционно покрываются за счет жиров и углеводов. Питание улучшенного человека будущего будет направлено на удовлетворение этих же потребностей, то есть на поддержание структуры собственного тела в работоспособном состоянии и на получение энергии для обеспечения метаболизма. Необходимая энергия при этом может быть получена за счет переработки новых энергетических веществ, новых энергетических пищевых продуктов, а снабжение белком, возможно, будет заменено снабжением аминокислотами, которые в несвязанном виде будут присутствовать в таких продуктах.

Практическое применение знаний о механизмах реализации наследственной информации способствовало решению многих медицинских проблем. К концу второго десятилетия при помощи новых лекарств индивидуального и узконаправленного действия стало возможным излечивать непосредственно в организме человека большинство известных наследственных заболеваний. Для некоторых наследственных заболеваний не были созданы эффективные лечебные препараты по причине редкого проявления этих заболеваний. Во многих случаях последнее слово оставалось за экономикой, поскольку затраты на исследования и разработку новых лекарств не приводили к последующей окупаемости затраченных средств по причине отсутствия массового спроса на эти лекарства.

За десятилетие был наработан обширный опыт практического исправления дефектных генов непосредственно в клетках человеческого организма. Первые эксперименты часто заканчивались отторжением новых препаратов, используемых для коррекции и лечения дефектных генов. Однако позже, «нормализаторы генов», разработанные с учетом индивидуальных особенностей генома больного, а также знание механизмов реализации неблагоприятных признаков привели к тому, что лечение наследственных заболеваний стало привычным и обыденным делом в медицинской практике. Это же время ознаменовалось проведением успешных работ по нормализации дефектных генов непосредственно в половых генах человека. Подобные работы могли быть проведены значительно раньше, однако этого не случилось по той причине, что вмешательство в процесс возникновения новой жизни не одобрялось ведущими мировыми религиями, общественным мнением, и во многих странах просто находилось под законодательным запретом. И хотя техническая сторона подобного вмешательства было хорошо отработана, случаи практического применения были немногочисленны и ограничены этическими и моральными нормами. В этом случае, как и в случае с оптимизацией генома животных наука вступала на территорию, традиционно принадлежавшую Создателю, и каждый новый шаг вперед должна была делать взвешенно и осторожно.

Последние годы десятилетия были ознаменованы успехами в решении одной из самых серьезных проблем человечества – проблемы рака. Шаг за шагом ученые приближались к полной и окончательной победе над этим заболеванием. И добились желаемого результата. Большинство форм рака стали полностью излечиваться. Базовым подходом в лечении этого заболевания стало максимальное использование собственных иммунных ресурсов больного. После определения типа генного нарушения в раковой клетке производился анализ полученной индивидуальной информации, по итогам которого вырабатывались рекомендации по стратегии лечения. Последующее лечение было комплексным, выбор оптимального подхода производился врачом в содружестве с медицинским компьютером.

Одним из принципов лечения раковых заболеваний являлась нормализация работы генов вышедших из-под контроля организма. Технологии нормализации генов были хорошо отработаны при лечении наследственных заболеваний, и доказали свою эффективность на практике. Существовало сходство между механизмами генетических нарушений при заболеваниях раком и наследственными заболеваниями. Общим для них являлось нарушение структуры или целостности определенных участков ДНК. При заболеваниях раком осложняющими факторами являлись агрессивность переродившихся клеток, что проявлялось в их безудержном делении, а также передвижение больных клеток с потоками биологических жидкостей по всему организму, что делало непредсказуемым место появление метастазов. Поэтому технологии нормализации генов успешнее всего применялись на ранних стадиях заболевания, когда число больных клеток, в которых необходимо было исправить дефектные гены, составляло десятки тысяч.

В более сложных и запущенных случаях, когда применение одних «нормализаторов генов» было малоэффективным из-за огромного количества раковых клеток, использовались комплексные методы воздействия на переродившиеся клетки. Прежде всего, иммунную систему больного вынуждали работать на полную мощность специальными активирующими препаратами. Эта мера в любом случае увеличивала сопротивляемость организма и давала необходимый запас времени. Параллельно этому шел процесс выявления собственных антител организма, специфических к антигенам злокачественной клетки. Затем, основываясь на анализе обнаруженных белковых молекул, медицинские работники подбирали производителей моноклональных антител, наиболее подходящих к данному случаю. При этом использовалась картотека существующих гибридных клеток, производящих однотипные антитела к специфическим опухолевым клеткам. В сжатые сроки эти искусственные фабрики моноклональных антител осуществляли в большом количестве синтез специфических для данной опухоли антител вне организма человека.

Произведенные в больших количествах антитела использовались далее в качестве маркеров, которыми метили злокачественные клетки для последующего воздействия на них собственных иммунных ресурсов больного, а также для строительства разнообразных иммунных комплексов. Иммунные комплексы являлись сложными биологическими соединениями, выполняющими функции нахождения и уничтожения переродившихся клеток непосредственно в организме человека. Они состояли из специфических антител, ответственных за избирательное присоединение к раковым клеткам, и губительных для этих клеток химических соединений, в роли которых выступали различные токсины и яды. В процессе лечения раковые клетки обнаруживались и уничтожались по всему организму человека, а избыток иммунных комплексов в организме человека после окончания лечения предупреждал возможность рецидивов. Уничтожению подвергались все раковые клетки независимо от места их нахождения, будь они в тканях организма либо в биологических жидкостях. Использование специфических моноклональных антител позволило добиться высокой эффективности и избирательности при нахождении и присоединении к клеточным мишеням.

Сложные, комбинированные и редкие случаи раковых заболеваний требовали индивидуального подхода к лечению. Как правило, для этого методами генной инженерии создавались индивидуальные антитела, способные связываться с редкими формами злокачественных клеток. Подобные антитела зачастую могли присоединяться к нескольким типам раковых клеток, то есть являлись универсальным средством. К концу десятилетия лечение большинства форм рака стало реальностью, однако, каждый конкретный случай требовал учета индивидуальных факторов. В некоторых случаях стоимость излечения была чрезвычайно высока, однако средства, как правило, находились, поскольку любое продвижение вперед обогащало медицину новыми знаниями и давало возможность последующие проблемы решать эффективнее и быстрее.

Иммунные комплексы, способные избирательно воздействовать на клетки-мишени, стали самыми популярными лекарственными препаратами в мире. Целая индустрия, родившаяся на стыке фармакологии и генетики, исправно поставляла на мировой рынок тысячи разновидностей моноклональных антител и тысячи разновидностей наполненных лекарственными веществами капсул, в качестве которых использовались давно известные липосомы. Конструирование иммунных комплексов при лечении заболеваний происходило с учетом индивидуальных особенностей конкретного организма. В сжатые сроки были сконструированы и испытаны несколько сотен иммунных комплексов универсального назначения, которые использовались как для лечения заболеваний, так и для их профилактики, а также в косметических целях. Иммунные комплексы универсального назначения осуществляли целевую доставку лекарственных и биологически активных соединений к клеточным мишеням. Наполненные лекарственными веществами липосомы присоединялись к мембране клеток, имеющих фосфолипидное строение, после чего содержимое липосомы высвобождалось и частично попадало внутрь клетки, а частично оставалось на ее поверхности. И тот, и другой процесс были одинаково полезны для нормализации клеточной деятельности. Выбор соотношения между количеством лекарственного препарата, прошедшего через клеточную мембрану и оставшегося на поверхности клетки определялся размерами самой липосомы. Так липосомы малых размеров осуществляли доставку своего содержимого непосредственно внутрь клетки и несли в себе препараты внутриклеточного действия. Липосомы более крупных размеров доставляли содержащиеся в них вещества на поверхность клеточных мембран, воздействуя на ткани и органы, и применялись чаще всего в косметических целях. Значительную часть мирового потребления иммунных комплексов занимали профилактические цели. Те знания о функционировании клеток, которые уже были получены наукой, позволяли давать успешные рекомендации относительно потребности тех или иных клеток и тканей в определенных веществах с учетом возраста, пола, времени года и других факторов. Плановое использование иммунных комплексов позволяло удовлетворять потребности организма человека в полной мере и зачастую превентивно.

Полнее и совершеннее за последние годы стала компьютерная модель эталонного генома человека. Расшифровка нескольких тысяч индивидуальных геномов представителей различных рас, народностей, возрастов, и т.д. дала необходимый качественный материал, который способствовал изложению эталонного генома человека в виде общедоступной компьютерной модели. И хотя механизмы реализации функций многих генов оставались до сих пор еще невыясненными, все же было определено, что большинство таких генов являются ответственными за процессы метаболизма, или другими словами за реализацию внутриклеточных реакций. Такие реакции являлись одинаковыми для всех представителей вида Homo Sapiens, за редчайшими исключениями, поиск которых являлся интересным и перспективным направлением в генетике. Небольшое упрощение модели эталонного генома человека, основанное на допущении, что гены, отвечающие за процессы метаболизма в организме любого человека, являются одинаковыми для всех людей, позволило создать вполне достоверную модель эталонного генома. Эта модель имела некоторый архитектурный уклон и достоверно показывала пути реализации морфологических признаков человека, изображенных схемами «ген (группа генов) – белок – признак». Появление такой модели позволило придать генетике наглядность и зрелищность. Если добавить к этому возможность интерактивной работы с компьютерной моделью в режиме реального времени, то трудно было недооценить, насколько серьезный инструмент появился в руках ученых. Появление такого инструмента дало также очень много в плане привлечения финансовых средств и талантливых людей в генетику и смежные науки.

Миллионы интересующихся людей, не специалистов, получили доступ к интерактивной модели эталонного генома человека, вернее к ее игровой общедоступной версии. Теперь любой желающий мог удовлетворить собственное любопытство и поэкспериментировать с генами человека. На пользовательском уровне многие люди, комбинируя из набора архитектурных генов, конструировали тела, лица и организмы для своего виртуального потомства, реализуя собственные предпочтения. Произошел всплеск интереса со стороны общества к строению человеческого организма и возможностям улучшения человека за счет применения эталонных генов. На какое-то время самым популярным занятием среди взрослых и детей стали компьютерные игры с обобщенным названием «Сконструируй человека».

Специалисты же работали с компьютерной моделью эталонного генома человека скрупулезно и с воодушевлением. Они ежечасно уточняли многочисленные взаимосвязи типа «ген – белок – признак», которые были положены в основу компьютерной модели. Однако не менее важным являлось достоверное отражение в модели тех сложных взаимосвязей между генами, белками и признаками, которые существовали в скрытой, неявной форме. Поскольку подобных взаимосвязей существовало астрономическое количество, а число ученых работающих в этой области науки составляло десятки миллионов, то поступление новой полезной информации и совершенствование модели эталонного генома человека происходило безостановочно. С ростом числа отображенных взаимосвязей в компьютерной модели увеличивались потенциальное многообразие морфологических признаков и сложность модели. Совершенная модель должна была учитывать не только взаимосвязи внутри генома, но и влияние на процессы реализации наследственной информации концентраций химических соединений, температуры, освещенности, величины электрического и магнитного полей и т.п.

Примерно этим же временем датируется появление первых компьютерных моделей эталонных геномов некоторых замечательных животных, в основном насекомых и обитателей моря. Расшифровка их геномов началась достаточно давно и была направлена в основном на получение информации о специализированных функциях и признаках, которые могли быть использованы в интересах человека. Работа с существующими моделями генома некоторых замечательных животных и возможность быстрого уточнения моделей привели к накоплению качественной информации о реализации функций большинства генов и их групп. Этой информации было достаточно для создания моделей эталонных геномов исследуемых животных. За эталон в подобных моделях принималась комбинация генов, приводящая к наилучшей реализации замечательного признака либо функции. Так был исследован геном некоторых насекомых, показывающих выдающуюся стойкость в условиях радиационного облучения, на предмет понимания механизмов внутриклеточного «ремонта» и регенерации тканей. Помимо этого были расшифрованы геномы некоторых морских организмов, чувствующих себя комфортно при отрицательной температуре окружающей среды, а также в условиях повышенной температуры и высокого давления. Целью подобных исследований было определение набора метаболических реакций, позволяющих искусственному организму функционировать в экстремальных условиях, смертельных для большинства земных организмов.

Подобные исследования были крайне важны для оценки механизмов жизнеобеспечения человеческого организма, которые были запрограммированы в геноме человека и проявлялись через устойчивые метаболические реакции. В земной биосфере не существовало большого разнообразия механизмов реализации одних и тех же признаков (функций) у различных организмов, как и разнообразия комбинаций генов, кодирующих эти механизмы. Эволюция остановилась на достаточности тех или иных механизмов реализации признака для каждого организма применительно к среде его обитания, не совершенствуя эти механизмы более необходимого. Чем агрессивнее и враждебней было природное окружение какого-либо биологического вида, тем более специализированные функции ему приходилось выполнять для выживания, и тем выше предъявлялись требования к механизмам реализации необходимых признаков, тем выше находилась планка достаточности признака.

Понимание специализированных эволюционных наработок Природы позволило ученым сравнить механизмы реализации признаков (функций) у различных биологических видов и у человека, получить тем самым ценный материал для будущего улучшения человеческого генома. С точки зрения большей части земного общества, расширение возможностей человека за счет использования эволюционных наработок Природы являлось допустимым и возможным. По мере дальнейшего исследования земных организмов тщательно изучались и отбирались лучшие механизмы реализации признаков (функций), которые могли быть с успехом использованы для конструирования более совершенного организма, чем существующий человеческий организм.

Продолжалось всестороннее изучение химических свойств молекул ДНК человека. Особенно исследователей интересовало взаимодействие ДНК и биологически активных веществ (ферментов, ядов, гормонов и др.) животного и растительного происхождения. Целью, которую ставили перед собой ученые, было создание картотеки химических соединений избирательного действия, способных присоединяться к строго определенным участкам «молекулы жизни». Из практики народного врачевания различных стран мира были позаимствованы лекарственные средства, воздействующие на организм человека на внутриклеточном уровне. Из десятков тысяч биологически активных веществ подобного действия, используемых в народной медицине в течение сотен и тысяч лет, после тщательного изучения были отобраны всего несколько сотен. Отбор производился по критерию устойчивого взаимодействия биологически активного вещества и ДНК человека непосредственно в функционирующей клетке человеческого организма. Дальнейшее изучение отобранных биологически активных веществ естественного происхождения шло по пути моделирования биохимических реакций их взаимодействия с ДНК, а также по пути понимания механизмов связывания данных веществ с определенными участками «молекулы жизни».

Проводимые на протяжении двух десятков лет исследования завершились систематизацией биологически активных веществ по признаку конкретного места присоединения данного соединения к ДНК. Из большого разнообразия лекарственных средств народной медицины были вычленены вещества, способные избирательно связываться с определенными генами. Полученные знания начали использоваться для разработки средств целевой доставки лекарственных препаратов в генной терапии. Несколько позже, при помощи технологий компьютерного моделирования, из молекул отобранных веществ были выделены активные центры молекул, ответственные за избирательное взаимодействие с ДНК. Подобные активные центры были использованы при создании средств целевой доставки препаратов генной терапии к дефектным участкам генома.

Средства целевой доставки препаратов генной терапии представляли собой сложные белково-липосомные комплексы, близкие по своему строению к иммунным комплексам, широко применяемым в фармации и косметологии. Различием между средствами целевой доставки препаратов генной терапии и иммунными комплексами являлся более глубокий уровень воздействия на органическую материю. Это различие диктовало также повышенную сложность строения белково-липосомных комплексов. Присоединение такого комплекса к функционирующей клетке осуществлялось на основе взаимодействия двух белков, являющихся соответственно «ключом» и «замком». «Замком» являлся трехмерный белковый «орнамент» наружной поверхности клеточной мембраны, а «ключом» - синтезированное вне организма человека специфическое антитело к данной белковой структуре. Такой подход гарантировал доставку капсулы с препаратами генной терапии к определенной клетке. После проникновения капсулы внутрь клетки, ее содержимое высвобождалось, и в действие вступала вторая ступень комплекса, представляющая собой связку активный центр и собственно препарат генной терапии. Место присоединения активного центра к молекуле ДНК задавалось формулой активного центра, чья структура также определяла ширину дефектного участка генома, на который воздействует препарат генной терапии.

Различные комбинации активных центров и препаратов генной терапии позволили покрыть эффективным нормализующим воздействием обширные участки генома. Возможность избирательно воздействовать на конкретный единичный ген, не затрагивая при этом функций соседних генов, позволяла оказывать адресное активирующее или угнетающее воздействие на дефектные участки генома, состоящие из одного или нескольких генов. Это в свою очередь открывало перспективы нормализации и улучшения генов непосредственно в клетках функционирующего человеческого организма на протяжении всей жизни человека. По сути, зарождался новый класс лекарств, теоретически способных одновременно воздействовать на все клетки человеческого организма. На практике это означало возможность экстренного восстановления или угнетения функций генов и групп генов, требующих нормализующего воздействия, в сжатые временные сроки. Весьма близкими последствиями развития подобных технологий могли стать омоложение организма человека, увеличение активной продолжительности жизни, индивидуальное улучшение клеток, тканей и органов. Более отдаленными последствиями зарождающихся технологий виделась практика одновременного воздействия на неограниченное количество клеток, составляющих ткань либо орган человеческого организма, а также контролируемое выращивание новых органов и тканей человека непосредственно в функционирующем организме.

Необходимо заметить, что во многих лечебных учреждениях мира на протяжении последних двенадцати лет искусственно выращивались, и довольно успешно, некоторые ткани и органы человека. Существующие технологии выращивания человеческих органов и тканей вне организма были чрезвычайно сложны, в основном, потому что требовали наличия строго регламентируемой по физико-химическим параметрам питательной среды, состоящей из сотен ингредиентов. К сожалению, в данных технологиях не использовались свойственные живым организмам механизмы генетического сопровождения и контроля над развитием собственных органов и тканей, в первую очередь из-за недостаточности знаний о работе этих механизмов. Недостаток знаний потребовал разработать механизмы принудительного воздействия, дублирующие программу генетического сопровождения и контроля, имеющуюся в каждом живом организме. Программа генетического сопровождения и контроля регламентирует выполнение клетками определенных для данного месторасположения функций и этапов развития, выбранных из огромного числа возможных вариантов. Взаимная координация групп клеток на этапах развития есть необходимое условие при любых процессах роста и развития клеток, тканей, органов и организма в целом. Отсутствие взаимной координации при любых процессах роста неизбежно приведет к неуправляемому росту тканей и, как следствие, к взаимному подавлению полезных выполняемых функций с точки зрения целостного органа, организма.

Традиционно для формирования объемной структуры выращиваемых вне человеческого организма тканей и органов применялись механические ограничения, а также ограничения в питательных веществах, необходимых для роста клеток. Теперь же появились новые возможности для поэтапного регулирования процессов клеточного роста и развития. Для коррекции процессов клеточного роста начали впервые применять препараты генной терапии, содержащие химические соединения избирательного действия, одновременно активирующие либо деактивирующие гены и группы генов в большом количестве клеток. Таким образом, осуществлялось контролируемое поэтапное выполнение намеченной программы роста клеточной ткани или целостного органа. Выращивание искусственных органов вне организма человека стало хорошим полигоном, на котором шлифовались технологии поэтапного регулирования процессов роста и развития биологической материи препаратами генной терапии.

Полученные в результате совместного труда ученых и энтузиастов из многих стран знания, конечно же, беззастенчиво использовались в военных лабораториях для совершенствования генетического оружия. Разработка «генетических пуль» являлась оборотной стороной совершенствования препаратов генной терапии. Вывести из строя и сломать человеческий организм, всегда было легче, чем создать и вылечить его. Совершенное генетическое оружие открывало перспективы властвования всей планетой, и к тому же было менее затратным, чем разработка совершенных препаратов генетического регулирования для медицинских целей. По этим причинам работа над созданием генетического оружия проводилась в военных ведомствах десятков стран мира, не останавливаясь ни на минуту, с привлечением лучшего оборудования и неограниченных средств. К множеству существующих способов умерщвления человека добавились десятки новых, коварных и изощренных. Генетическое оружие, способное воздействовать на различные уровни организации биологической материи, и способное вывести из строя клетки, ткани и органы человека, а также уничтожить любые животные и растительные организмы, стало реальностью. Применение его было затруднено и даже запрещено существующими конвенциями, международными договоренностями и соглашениями, как впрочем, и применение других видов оружия массового поражения. Но риск возникновения мировой катастрофы, как следствие самого факта существования подобного оружия, вырос многократно. Свободное хождение препаратов генной терапии плюс профессиональные знания недобросовестных ученых могли породить изощренные доморощенные способы генетического унижения и уничтожения человека, которые мыслящим ученым прошлых лет не могли представиться даже в кошмарном сне. В конце десятилетия были зафиксированы первые случаи террористических актов с применением «генетических пуль» и других видов генетического оружия. Спецслужбы ведущих стран мира и мощных транснациональных компаний взяли на вооружение индивидуально разработанные «генетические яды», способные избирательно умертвить конкретного человека, превратить его в инвалида либо в сумасшедшего.

Также участились случаи хулиганского применения самодельных химических соединений, негативно влияющих на гены человеческого организма. Изначально ненаправленное на гибель людей, это было явление того же порядка, что и разработка компьютерных вирусов, синтез самодельных наркотиков и ядов, разработка доморощенных взрывных устройств и т.п., однако все чаще применение подобных химических соединений приводило к гибели людей. Доступ к современным знаниям и технологиям в совокупности с особенностями человеческой психики и в соответствии с постулатами теории вероятностей порождал страшные технологические химеры, смертельно опасные для человечества, но удовлетворяющие самодовольные амбиции непризнанных «гениев».

Для небольших специальных подразделений, выполняющих особые операции, при которых велик риск смертельного повреждения организма, а также для представителей высших эшелонов власти стала обычной практика превентивного выращивания важнейших органов и тканей на случай их повреждения в экстремальных ситуациях. Существенные затраты на эти цели могли позволить себе только экономически развитые и богатые страны или международные организации, в частности такой подход реализовывала ООН для защиты политических деятелей от террористических актов, а также солдат при обеспечении миротворческих миссий.

Широкое распространение в мире получили промышленные селективные технологии, основанные на использовании специфических белковых молекул (антител). В подобных технологиях эффективно задействовался принцип избирательности, свойственный сложным биологическим объектам, который определял избирательный иммунный ответ организма при попадании в него чужеродного вещества. Антитела, вырабатываемые организмом для связывания определенного химического соединения, теоретически могли избирательно связывать молекулы любых веществ, и делать это тем эффективнее, чем более сложное строение имели эти вещества. На практике для создания специфических антител к определенному химическому соединению, вначале разрабатывалась компьютерная модель взаимодействия этого химического соединения и моделей белковых молекул из существующего банка данных. После предварительного перебора вариантов осуществлялся отбор нескольких подходящих молекул-претендентов на роль антитела, после чего наступала стадия оптимизации химической структуры этих белковых молекул. Не стоит забывать, что все вычислительные и аналитические процессы осуществлялись на компьютерных моделях, а не на материальных объектах. Мощное компьютерное сопровождение позволяло перебирать десятки миллионов вариантов возможного строения белковой молекулы и отбирать из них наиболее оптимальные, хотя, все это и занимало достаточно много времени.

Параллельно проводились работы по созданию специфических антител к различным химическим соединениям непосредственно в функционирующем организме животного или человека. При этом задействовались естественные программы создания специфических антител, выработанные и отшлифованные эволюцией. Полученные результаты обязательно отображались в виде компьютерной модели и подвергались тщательному анализу и уточнению.

Оба указанных способа дополняли друг друга, что способствовало получению быстрых и качественных результатов. После того как структурная искомая формула белковой молекулы была определена, в дело вступали генные инженеры со своими специфическими методами. Конечной целью их работы являлось создание последовательности нуклеотидов, кодирующих синтез данного белка, или другими словами группы генов, способных продуцировать именно этот белок. Оптимизация исходной группы генов методами генной инженерии позволяла добиться желаемых результатов и в конечном итоге синтезировать именно ту молекулу белка, структура которой была определена в процессе компьютерного моделирования как самая оптимальная. В дальнейшем массовые количества специфических белковых молекул получались путем синтеза белка в клеточных культурах.

Селективные технологии применялись в первую очередь для извлечения редких либо дорогостоящих химических соединений из растворов малых концентраций и загрязненных растворов различного происхождения. В медицине и фармацевтике они применялись для качественной очистки биологических растворов, как в лабораторных условиях, так и в составе живых организмов, что являлось перспективной новацией. Еще одной областью применения являлось извлечение из природных и искусственных растворов больших количеств полезных химических соединений массового применения. Себестоимость извлечения таких недорогих веществ была достаточно высока, однако быстро уменьшалась по мере распространения новых технологий. Для извлечения больших количеств полезных веществ конструировались специфические белки длительного использования, способные к регенерации своих свойств. Как правило, белковые молекулы крепились химическим путем к инертной керамической подложке, выполняющей конструкционные и защитные функции.

Большое внимание ученые уделяли изучению эволюционных наработок Природы. Так изучение морских организмов, концентрирующих в себе отдельные химические элементы и соединения, позволило расшифровать структуру нескольких десятков белков, избирательно связывающихся с теми либо иными компонентами, растворенными в морской воде. Оптимизация компьютерных моделей и конструирование оптимальных последовательностей нуклеотидов привели к созданию искусственных микроорганизмов, продуцирующих промышленные количества белковых молекул, способных селективно связывать некоторые полезные компоненты из водных растворов. Первыми кандидатами на извлечение из морской воды стали благородные и редкоземельные металлы. Значительный интерес также вызывала возможность добычи из природных и технологических водных растворов радиоактивных элементов с целью использования их в энергетических и военных установках. Эту задачу чрезвычайно сложно было реализовать на практике. Повышенная радиоактивность резко снижала эффективность функционирования белковых молекул и приводила к их быстрому разрушению из-за сильного радиохимического действия на атомы составляющих элементов. Применение белковых молекул для обогащения и концентрации радиоактивных элементов, требовало создания дополнительных систем ремонта и жизнеобеспечения этих белковых молекул. Выполнение новых дополнительных функций требовало перехода на следующий уровень сложности – уровень простейшего организма, который совмещал бы в себе технологические и поддерживающие собственное существование действия.

Казалось, что при помощи селективных технологий вот-вот станет возможным извлечение из неагрессивных растворов любых веществ. Однако такой заманчивый результат был делом завтрашнего дня. Реальностью дня сегодняшнего являлось конструирование белковых молекул с заданными свойствами, для этого существовали научные и технологические предпосылки. Трудности начинались при взаимной увязке последовательностей нуклеотидов, кодирующих синтез сложных белковых молекул, поскольку еще недостаточно было собрано данных о взаимосвязях вида «ген – белок», чтобы уверенно оперировать такими строительными блоками как гены. Поэтому при конструировании белковых молекул избирательного действия за основу часто приходилось брать расшифрованные природные последовательности нуклеотидов, кодирующих близкие аналоги конструируемых молекул.

Расцвет биохимии, цитологии, генной инженерии, каталитической химии и других наук, основанных на использовании свойств вещества, был предопределен небывалыми возможностями компьютерного моделирования, которые базировались на сверхмощных компьютерах и совершенном программном обеспечении. В ближайшей перспективе вырисовывались контуры новой интегральной технологии – компьютерного конструирования вещества с заданными свойствами. Под термином «вещество» следовало понимать как неорганические соединения, так и объекты органической химии, в том числе сложные и сверхсложные соединения, участвующие в биохимических реакциях живых организмов. Основной задачей такой интегральной технологии являлось улучшение, оптимизация химических процессов, создание новых совершенных веществ и реакций, за счет максимального использования свойств вещества. Конструирование новых химических соединений и реакций в виртуальной среде позволяло обойтись без сотен миллионов натурных опытов, экономя тем самым ресурсы и время всей планеты, сокращая сроки, необходимые для создания тех или иных материальных благ. Но это все еще во многом было делом будущего. А пока технологии компьютерного конструирования новых веществ отрабатывались на множестве отдельно существующих моделей (уровней единого пространства виртуального моделирования), используемых в генетике, фармацевтике, каталитической химии и других науках. Для объединения всего наработанного опыта в рамках одной технологии требовались компьютерные мощности в сотни миллионов терафлоп и универсальное программное обеспечение, позволяющее работать с различными базами данных, большинство из которых формировалось на основе специализированных и локальных программ.

Действительно, в десятках стран и тысячах научных учреждений по всему миру нарабатывался исследовательский материал в области биотехнологий, генного и химического конструирования. Влияние субъективных факторов, таких как секретность, амбиции, стремление получить сверхприбыль приводило к тому, что многие уже имеющиеся научные данные не могли быть сведены в единую картину и охвачены универсальным программным обеспечением. А ведь зачастую открытия таились в мелочах, которые терялись в брешах и не состыковках полученных данных. Для дальнейшего движения вперед требовалось создать единую базу полученных данных и универсальное программное обеспечение, что позволило бы обозреть реальную картину знаний, наработанных учеными всего мира. Крупнейшие мировые производители мягкого товара взялись за эту колоссальную задачу. Они понимали что тот, кто первым сможет предложить универсальное программное обеспечение, получит хорошие шансы стать монополистом в ближайшем будущем, когда компьютерное моделирование и конструирование станут неотъемлемой частью всех промышленных, развлекательных и обучающих технологий. Программное обеспечение, объединившее сегодня разрозненные базы данных и компьютерные модели биологических и химических наук в единое целое, завтра объединит в единую картину все существующие науки о Природе, а несколько позже позволит оперировать в пространстве виртуального моделирования всеми знаниями, наработанными человечеством. Что и говорить, перспективы развития были очень впечатляющими, и это привело к тому, что конкуренция и отношения между предприятиями различных форм собственности, разрабатывающими программное обеспечение, стали максимально жесткими и прагматичными.

К концу второго десятилетия нового века мощность суперкомпьютеров достигла поразительных величин. В большинстве развитых стран мира успешно эксплуатировались десятки суперкомпьютеров, каждый мощностью один миллион Терафлоп. Столь разительное увеличение мощности компьютеров определялось совершенной элементной базой и внедрением новых технологий. На практике была реализована теоретическая возможность запоминания, и передачи одного бита информации с помощью одного электрона, причем сделано это было на традиционных плоских и объемных микросхемах. Быстрыми темпами развивались молекулярные и субмолекулярные технологии, позволяющие экспоненциально увеличить обрабатывающую мощность компьютеров. К ним можно было отнести технологии, использующие модифицированные нанотрубки, биологические молекулы, в том числе ДНК, а также квантовые технологии, основанные на использовании субатомных частиц в качестве рабочих элементов. Несколько особняком находились технологии, использующие фотоны вместо электронов для передачи и обработки информации.

На всех этих направлениях в последние годы произошел существенный прорыв. Результатом этого стало появление персональных компьютеров с обрабатывающей мощностью десять в четырнадцатой степени операций в секунду. Такие высококлассные машины имели высокую цену, но выгода от их применения многократно превышала затраты, поэтому новые компьютеры были приобретены многими научными учреждениями мира, как рабочий инструмент для ведущих специалистов. Эти вычислительные машины были включены круглосуточно. В нерабочее время они автоматически подключались к мировой компьютерной сети для решения сложных и актуальных задач современности. Общая мощность всепланетной вычислительной сети, которая теоретически могла быть задействована для решения сверхсложных задач, составила на конец 2019 года более миллиарда Терафлоп.

Значительные мощности персональных компьютеров, а также новое поколение систем объемной компьютерной визуализации способствовали созданию бытовых трехмерных дисплеев, формирующих динамичное объемное изображение непосредственно в воздухе. Использование такого оборудования увеличило эффективность труда специалистов самых разных профессий. Возможность визуального наблюдения за изменениями внутри моделируемого объекта или процесса была чрезвычайно важна как для инженеров и конструкторов технических профессий, так и для разработчиков новейших технологий в генетике, биологии, химии и т.п.

Очень привлекательной была возможность проведения постоянно действующих конференций по различным проблемам науки и техники, на которых информация и гипотезы представлялись в виде динамичных трехмерных изображений. Для одновременного участия в обсуждении таких проблем нескольких десятков человек, участников одного проекта, работающих в различных городах мира, разрабатывались большие системы объемной компьютерной визуализации. Термин дисплей для больших систем объемной компьютерной визуализации не применялся, поскольку сходство между такими системами и традиционным дисплеем компьютера было весьма отдаленным. Внедрение первых больших систем объемной компьютерной визуализации в ведущих научных центрах мира способствовало сокращению числа научных конференций и дискуссий, требующих личного присутствия ученых, а также уменьшило необходимость личных контактов между учеными. Действительно, что может быть более понятным и доходчивым, чем открытие, мнение либо замечание, изложенное в виде динамичного трехмерного изображения, в деталях отображающего исследуемый процесс или явление. Вместе с тем необходимость изложения разных мнений в единой, доступной для общего понимания форме динамичного трехмерного изображения, потребовала разработать единые стандарты на создание трехмерных изображений и компьютерных моделей. Это было осуществлено своевременно и оперативно. Единые стандарты устанавливали единый язык общения для ученых всего мира, унифицировали программное обеспечение, систематизировали информацию и в конечном итоге сокращали время, необходимое для новых разработок, исследований, проверки научных гипотез и предположений.

С позиций создания единого пространства виртуального моделирования (ЕПВМ), все, что происходило во втором десятилетии в области компьютерного моделирования, являлось первым этапом перевода накопленных знаний в виртуальную форму, разработкой простейших уровней, отображающих реалии окружающего материального мира. Эти первые уровни ЕПВМ являлись первыми кусочками небывалой мозаики, из множества которых в будущем будет слагаться единая компьютерная модель мироздания, оснащенная системами интерактивного доступа к каждому уровню и системами обновления и корректировки взаимосвязей между уровнями.

Интенсифицировалось изучение процессов запоминания и мышления, происходящих в мозгу человека. Итогом этих исследований стало понимание в целом физиологических и биохимических механизмов запоминания и мышления. Недостающие знания были получены при помощи томографов нового поколения, способных отслеживать изменения и распределение электрической активности, температуры и некоторых других параметров в участках головного мозга человека. Свою лепту в изучение внутримозговых процессов внесли и биохимики, которые расшифровали молекулярную структуру многих соединений, принимающих участие в процессах запоминания, и определили последовательности биохимических реакций, обслуживающих процессы запоминания.

Полученные знания создали хорошие предпосылки для разработки новых способов ввода информации в мозг человека, основанных на использовании традиционных информационных каналов (зрение, слух, обоняние, тактильные ощущения и др.), а также на новых оригинальных идеях. Основной подход базировался на доказанной возможности контролируемой перезаписи информации, хранящейся в подсознании человека, в те участки мозга, которые содержат информацию для осознанного повседневного использования.

Как известно, человеческий мозг хранит в подсознании практически всю информацию, полученную в течение жизни. Но подавляющая ее часть не может быть быстро извлечена и использована для решения возникшей проблемы или просто по желанию. Причина заключается в отсутствии природного механизма, который бы позволял подключать для оперативной работы головного мозга резервы информации, хранящиеся в подсознании. Отсутствие такого механизма является одним из элементов защиты человеческого мозга от информационных перегрузок, приобретенным в процессе эволюции. Значимость подобного механизма для современного человека, обладающего развитым интеллектом и повышенным самоконтролем, весьма сомнительна. С одной стороны излишне загромождать сознание человека постоянными заботами о правильном функционировании всех систем жизнеобеспечения организма, с другой стороны в жизни человека бывают моменты острой необходимости, когда ситуация требует выложиться на пределе собственных возможностей. И в таких случаях возможность ручного управления системами жизнеобеспечения организма может быть крайне желательна.

Однако Природа все же предусмотрела существование механизмов частичного избирательного перевода информации из подсознания в сознание человека, что подтверждается существованием таких явлений как вспоминание во сне и интуиция. Эти механизмы стали основой технологии запоминания больших объемов информации. Реализуемый подход базировался на совершенствовании и улучшении природных механизмов избирательного перевода информации из подсознания в сознание, и целью своей ставил оперирование большими объемами информации. Перевод информации из подсознания в сознание человека осуществлялся в два этапа. На первом этапе информационные массивы вводились в подсознание человека в то время, когда человеческий мозг находился в особом психическом состоянии (под гипнозом, в состоянии медитации, под действием психотропных препаратов). После этого на втором этапе осуществлялось «проявление» полученной информации или перезапись информации в сознание человека и ее закрепление там. Для этого использовались методы комбинированного воздействия на отдельные участки головного мозга и нервные окончания всего организма переменными электромагнитными полями и фармацевтическими препаратами.

Первые опыты были обнадеживающими. Главная трудность заключалась в том, что для перевода информации в подсознание требовалась высокая точность избирательного воздействия физических и химических методов на определенные участки человеческого мозга. С увеличением числа экспериментов необходимая точность была достигнута. И если первые опыты касались «проявления» полученной подсознанием информации, то в ближайшей перспективе просматривались возможности введения в мозг человека нужных поведенческих программ, алгоритмов мышления, профессиональных навыков. При этом сроки запоминания необходимых объемов информации составляли бы, как ожидалось, считанные часы и дни вместо многих лет традиционного обучения.

Совершенствовались нанотехнологии создания материалов с заданными свойствами. Подобные материалы были предназначены для применения в различных отраслях мирового хозяйства. Изначально технологии молекулярной сборки материалов были ориентированы на потребности электронной промышленности, где требовалась особая чистота применяемых материалов, высокая точность взаимного расположения составляющих элементов и сверхточная дозировка вносимых примесей. Подобные требования ставились перед электронной промышленностью прежде и выполнялись известными физическими и химическими способами. Уменьшение количества вносимых примесей до нескольких атомов, переход к производству трехмерных микросхем, колоссальное уменьшение размеров всех активных элементов, повышенные требования к надежности привели к появлению новых технологических решений. При производстве объемных микросхем каждого типа стал применяться индивидуальный набор каталитических и абсорбционных матриц, которые последовательно осуществляли формирование объемной структуры микросхемы, присоединяя необходимые молекулы и атомы к основе микросхемы. Питательной средой, если уместно в данном случае применить биологический термин, несущей в себе необходимые элементы являлись особо чистые растворы и газовые смеси.

Технологии каталитических и абсорбционных матриц базировались на принципах избирательного выделения из растворов и газовых смесей необходимых химических соединений и избирательного присоединении этих химических соединений к определенным молекулам строящегося объекта. С успехом использовались и обратные принципы – избирательного отъема атомов и молекул из строящегося объекта. В общем случае, нанотехнологии разбудили фантазию ученых и техников многих специальностей, и это привело к появлению множества удачных технологических решений. Новые технологии постепенно приближались к природным технологиям строительства элементов биологических систем. Поэтому в ходе многочисленных исследований, направленных на совершенствование нанотехнологий, зачастую использовались биологические объекты, такие как антитела, ферменты, природные и искусственные катализаторы, а также их комбинации с неорганическими соединениями.

Как всегда, массированная атака очередной проблемы профессионалами разных специальностей привела к положительным результатам. Методами молекулярной сборки вещества были получены качественные объемные микросхемы. Первые успешно работающие образцы многослойных микросхем сделали реальной перспективу производства микросхем неограниченных размеров (на практике пока существовали технологические ограничения). Иными словами в ближайшем будущем ожидалось массовое производство «компьютерного» вещества, на основе которого можно будет изготавливать процессоры требуемой мощности. Как тут не вспомнить о сером веществе человеческого мозга. Таким образом, производство объемных микросхем методами молекулярной сборки открыло новую эру производства сложно структурированных материалов с заданными свойствами.

Технологические решения, используемые при производстве объемных микросхем, а именно применение каталитических и абсорбционных матриц для создания материалов с заданными свойствами, начали широко применяться в различных отраслях промышленности. Сам термин «материалы с заданными свойствами» был довольно емким по своему содержанию. Он включал в себя как особо чистые химические элементы и соединения, так и материалы со сложной структурой, полученные на их основе. Этим термином определялись также и функциональные органические ткани, производство которых методами молекулярной сборки являлось делом ближайших десятилетий. Различные комбинации требований к материалам с заданными свойствами, определяли сложность их трехмерной структуры, химический состав, чистоту используемых химических элементов и соединений, а также технологические нюансы. На фоне множества подобных задач производство «компьютерного» вещества не являлось особо сложной задачей, как не являлось и чрезмерно легкой. При производстве целого ряда материалов с заданными свойствами использовались более сложные технологии, чем при производстве «компьютерного» вещества. И напротив некоторые материалы с заданными свойствами, например, ряд конструкционных материалов, могли быть получены быстро и в промышленных масштабах.

Самое пристальное внимание было обращено учеными и технологами на улучшение и разработку новых керамических материалов. Перспективным являлось как получение чистых керамических порошков для последующего спекания, так и производство готовых деталей и заготовок. Интерес к керамике был обусловлен большим разнообразием керамических материалов (металлокерамика, стеклокерамика, полимерная керамика и т.п.), широким диапазоном их химико-физических свойств, и соответственно широкой областью применения. Одним из основных направлений являлось производство керамических проводников, обладающих эффектом сверхпроводимости при комнатной температуре. Получить такие свойства можно было за счет упорядочения внутренней структуры керамических материалов, введения дополнительных расчетных химических соединений, обеспечения особой чистоты компонентов и т.п. Вторым направлением являлось производство керамик с заданными свойствами для применения в качестве конструкционных материалов в машиностроении, авиации, космическом машиностроении, военном деле. Для этих отраслей промышленности требовался большой спектр керамических материалов, обладающих различными сочетаниями физико-механических свойств. К числу таких свойств относились предельная жаропрочность, износостойкость, химическая инертность, твердость, пластичность, долговечность и многие другие. Еще одним важным потребителем, нуждающимся в специализированных керамиках, являлась медицина. Именно для потребностей здравоохранения необходимы были долговечные и биологически инертные материалы для имплантации, заменители зубов и костей, а также конструкционные материалы для искусственных органов, совместимые с механическими и кибернетическими устройствами.

С особым пристрастием, которое объяснялось угрозой исчерпания не возобновляемых энергоресурсов, учеными многих стран разрабатывались способы промышленного получения молекулярного водорода. Наиболее перспективным казался подход, реализуемый в природе как первая стадия фотосинтеза, то есть разложение молекул воды под действием солнечной даровой энергии. Весьма многообещающим на этом пути являлось создание искусственных катализаторов, способных расщеплять молекулы воды, используя энергию окружающей среды. К концу десятилетия исследования ознаменовались первыми значительными успехами. Изучение механизмов природных фотокаталитических реакций, более известных нам как реакции фотосинтеза, способствовало созданию десятка различных по строению фотосенсибилизаторов – веществ повторяющих первую стадию фотосинтеза, а именно осуществляющих разложение воды на молекулярный водород и кислород. Применение в лабораторных установках некоторых из них позволило осуществить фотокаталитическое разложение воды в условиях естественного дневного освещения. Отдельные образцы фотосенсибилизаторов имели высокую стойкость и не требовали обновления в течение двух-трех недель. Коэффициент полезного действия искусственных фотокаталитических систем разложения воды, посчитанный как отношение теплоты сгорания полученного водорода к величине использованной солнечной энергии, в отдельных случаях достигал пятнадцати процентов, что являлось очень высоким результатом, и позволяло перейти к промышленному получению молекулярного водорода.

Интенсивно осуществлялась разработка улучшенных фотокатализаторов, воплощающая в натуральном виде результаты компьютерного моделирования и конструирования. Построенные на расчетных принципах, эти химические соединения осуществляли разложение воды на основе не существующих в природе фотохимических реакций. Создание эффективных искусственных фотокатализаторов для производства водорода из воды требовало множества сложных вычислений, и являлось достаточно трудоемким делом. В конце десятилетия произошел качественный скачок в технологиях компьютерного конструирования, что привело к созданию целого семейства эффективных фотокатализаторов. Искусственные химические соединения представляли собой сложные молекулы с развитой пространственной структурой, которые максимально эффективно осуществляли отрыв атома водорода от молекулы воды. Эффект отрыва основывался на создании вокруг атома водорода локального пространства с расчетным распределением электронной плотности и на использовании энергии фотонов. Новые фотокатализаторы имели коэффициент полезного действия всего несколько процентов, что было явно недостаточно, однако они имели и существенные достоинства, такие как инертность к большинству химических соединений, долговечность, возможность использования энергии низкоэнергетических фотонов (красного света). Дальнейшее совершенствование таких фотокатализаторов имело хорошие перспективы для производства промышленных количеств водорода в холодное время года, а также в утренние и вечерние часы, когда солнечный свет теряет свою интенсивность и высокоэнергетическую составляющую.

В результате научных и технических достижений последних лет сырьевая база мировой энергетики начала менять свою структуру и смещаться в сторону использования молекулярного водорода. Фотокаталитический способ получения молекулярного водорода из воды имел кроме известного экологического преимущества (продуктом горения водорода в кислороде является вода) еще один важный положительный аспект. При использовании свежеполученного водородного горючего солнечная энергия, запасенная в молекулах водорода, аккумулировалась и выделялась в окружающую среду в реальном времени. Напротив использование таких энергоресурсов как газ, нефть, уголь, торф приводило к выделению в окружающую среду тепловой энергии, аккумулированной миллионы лет назад, что нарушало сложившийся тепловой баланс планеты. Таким образом, массовое использование водорода в энергетике исключало дополнительный нагрев окружающей среды, как это было в случае использования природных энергоносителей, и приводило лишь к незначительному перераспределению солнечной энергии в пространстве и времени.

Использование водорода в энергетике было в целом оправдано с экологической точки зрения. Однако существовали и некоторые негативные моменты. Одним из них являлось неизбежное загрязнение атмосферы окислами азота, как следствие применения в качестве окислителя не чистого кислорода, а неподготовленного воздуха. Для решения этой проблемы требовалось разработать дополнительные системы обеспечения водородных энергетических установок очищенным кислородом. В свою очередь это требовало разработки новых и совершенствования существующих мембранных технологий.

Кроме этого требовалось разработать и создать множество новых машин, механизмов и технологий, решить проблемы безопасности при хранении, транспортировке и использовании водородного горючего. Нельзя сказать, что это были неисследованные темы и направления. Давно уже велись работы по переводу транспорта, авиации, энергетики на водородное горючее. Появление возможности производить дешевый водород ускорило эти исследования и работы. В краткие сроки учеными были предложены несколько новых технологий хранения водорода. В качестве базовой была принята технология хранения водорода в межмолекулярных пространствах химических соединений. Для этого использовались как природные цеолиты, подвергнутые улучшению, так и новые пористые материалы молекулярной сборки. Данные материалы были химически нейтральны по отношению к водороду и одновременно являлись сосудом, препятствующим самопроизвольному выходу легкого газа в окружающую среду. Также для хранения водорода в химически связанном виде использовались сплавы на основе лантана, титана, никеля и других металлов.

Наиболее перспективным оказалось хранение водорода в нанотрубках из углерода, трехмерная структура которых была модифицирована соединениями лантана, титана, никеля и других металлов. Данная технология позволяла хранить молекулярный водород под давлением внутри углеродных нанотрубок, имеющих внутренние размеры сравнимые с размерами молекул водорода. При этом, гармонично сочеталось как механическое удерживание молекул водорода, так и химическое их связывание. Такой, не лишенный оригинальности способ хранения газов, позволил аккумулировать водород в специальных накопителях с плотностью, всего в сто раз меньшей плотности газа в жидкой фазе. К тому же относительно несложным оказался и способ извлечения газа из накопителей нового поколения, основанный на ультразвуковом или электромагнитном воздействии.

Параллельно происходило совершенствование водородных топливных элементов, превращающих энергию горения водорода непосредственно в электрическую энергию. На рынке появились образцы оборудования бытового применения, имеющие мощность порядка двадцати киловатт и коэффициентом полезного действия до восьмидесяти пяти процентов.

Так в течение всего одного десятилетия человеческой истории возникли все предпосылки для перевода мировой энергетики на водородное горючее, а также для массового применения водорода в технологиях многих производств. Принципиальные трудности получения и хранения взрывоопасного газа были преодолены. Доработка и совершенствование фотокатализаторов, оборудования и обслуживающей инфраструктуры предопределили скорое улучшение экологического состояния планеты, а также улучшение условий существования земной цивилизации. А всем участникам научно-технического прогресса гарантировалась напряженная и интересная работа.

Интенсивно развивалась робототехника. Повышенный интерес со стороны общественности к первым бытовым роботам способствовал притоку финансовых и кадровых ресурсов в робототехнику и смежные отрасли. Это привело к быстрому совершенствованию выпускаемой продукции, в том числе и бытовых роботов. Техническая эволюция бытовых роботов происходила по двум направлениям. Первым из них являлось создание эффективного и совершенного домашнего помощника, способного выполнять разнообразные бытовые функции. Внешний вид этих мобильных роботов определялся их функциональным назначением и мог принимать различные формы. Такие механические помощники, оснащенные мощным процессором и гибким программным обеспечением, были способны выполнять несложную домашнюю работу – пылесосить полы и мебель, собирать разбросанные вещи, вытирать пыль, выносить к мусоропроводу мусор, открывать и закрывать двери и окна, контролировать безопасность внутри жилища. Прародителями таких универсальных домашних помощников были классические роботы – электромеханические устройства, предназначенные для выполнения несложных функций (нескольких операций).

Прародителем второго направления в развитии бытовых роботов являлись компьютеры. Эволюция бытового компьютера привела к появлению робота-секретаря. Характерной особенностью робота-секретаря являлось то, что в процессе своего функционирования он не нуждался в исполнительных механизмах. Робот-секретарь нес в основном интеллектуальную нагрузку по обеспечению потребностей человека. Например, изучив привычки, вкусы и предпочтения конкретного человека, он мог выборочно черпать из телевидения, компьютерных сетей, электронных библиотек и других источников интересующую этого человека информацию, готовить ее в виде отчетов. Кроме этого он мог отправлять и принимать почту, общаться по телефону, разговаривать с посетителями, играть с детьми, производить покупки и осуществлять платежи. По внешнему виду это неподвижное устройство напоминало персональный компьютер, форма которого подбиралась в соответствии с предпочтениями хозяина. По сути, это был продукт эволюции традиционных компьютеров, оснащенный многочисленными датчиками и соединенный с множеством информационных сетей.

В отдельное направление выделилось производство микророботов. Их массовое производство было ориентировано на потребление различными отраслями промышленности. Самые совершенные и миниатюрные из микророботов трудились на ниве молекулярной сборки материалов с заданными свойствами. Микророботы более крупных размеров использовались для контроля и ремонта трубопроводов и реакторов в энергетике, химической и фармацевтической промышленности. Были произведены также первые опыты использования микророботов в медицине для исследования и хирургического вмешательства в человеческий организм. Отдельным направлением являлась разработка и производство миниатюрных роботов для военных и специальных целей. Только для выведения из строя вооружения и боевой техники противника были разработаны более сорока различных типов микророботов. В их числе роботы с такими экзотическими функциями как экранирование передающих и приемных антенн, закупорка стволов орудий во время боя, создание ложных целей, доставка катализаторов коррозии к прецизионным узлам боевой техники противника и другие.