

## Глава 10. Перспективы развития вычислительных средств с сетевым взаимодействием

### 10.1. Постановка проблемы

Профессор Иенского института молекулярной биотехнологии Питер Шустер утверждает, что воззрения эволюционной теории могут быть перенесены на многие антропогенные объекты, включая компьютеры [1].

О связи развития «живой» и «неживой» природы свидетельствует и постулат писателя-фантаста и ученого В. Савченко, который гласит, что существует зеркальная симметрия между явлениями начала мира «живой» и «неживой» природы и развитием цивилизации. Как утверждает В. Савченко, это сопоставление явлений начала мира и цивилизации достаточно достоверно и выражает закон природы с вероятностью 0,999 [2]. Далее в статье действие этого закона распространено на эволюцию познания человеком окружающего мира и развитие возможностей вычислительных средств и их структур. Еще древние философы отметили тот факт, что модель мира можно построить двумя способами: концентрируя свое внимание либо на происходящих в нем процессах, либо на сущностях, их порождающих. Первый способ основывается на структурном анализе, оперирующем понятиями «поток данных» и «процессы обработки», приводящем к делению исследуемой системы на иерархические модули, а второй способ направлен на выявление существующих закономерностей исследуемых процессов и явлений.

В связи с вышеизложенным можно предполагать эволюционный путь развития вычислительных машин, систем и сетей, подчиненных закону зеркальной симметрии по отношению к живой природе.

Вычислительные машины, системы и сети служат для обработки, передачи и хранения данных и знаний. Соединенные средствами коммуникации, эти вычислительные средства образуют сетевое гиперпространство, подобное тому, что существует в живой природе. В этой связи необходимо осознать единство законов функционирования информации как в природе, так и в обществе. Исходя из эволюционного развития природы, общества, вычислительных средств и коммуникаций, а также объединяющих их законов функционирования информации, определим, на каком этапе этого развития они находятся.

При этом необходимо обратить внимание как на структурно-функциональную организацию данных средств, так и на переработку информации вообще и знаний, в частности. В связи с рассмотрением этих процессов с точки зрения эволюционного развития особое внимание необходимо уделить сложности организации, адаптивности к внутренним и внешним условиям применения и возможности саморазвития, что присуще живой природе.

Исходя из эволюции развития вычислительных средств, будущие поколения ЭВМ будут по своей организации ближе к биологическим системам, чем к современному автоматизированному производству. Это не исключает, а, наоборот, предполагает широкое использование современного автоматического производства, основанного на ГАПах, специализированных и проблемно-ориентированных производствах. ЭВМ и биологические системы при функционировании, в основном, оперируют информационными объектами, что их значительно сближает.

Различают адаптацию биологических систем по временным параметрам реакции (онтогенетические реакции), возникающим при действии систематических раздражителей в процессе развития и обучения системы, и филогенетические, проявляющиеся в процессе эволюции вида при длительном действии раздражителей, либо кратковременные действия, вызванные редко действующими раздражителями [3]. Первый тип реакций является структурно-функциональным, а второй – чисто функциональным. Кроме временного аспекта, биологические системы адаптируются также на основе принципа адекватности – закономерного приспособления к среде на уровне сложности (числа состояний) и организации (количественная мера состояний). Как для био-, так и для антропогенных систем, действует статический принцип адекватности сложности и уровня организации среды и динамический. При динамической адекватности развитие системы направлено на достижение нового, более высокого уровня адекватности (развития) при одновременной минимизации затрат ресурсов (временных, энергетических и вещественных).

Различают три типа адекватности биосистемы и среды по степени сложности – однозначная (число состояний системы и среды совпадают), обобщенная (нескольким состояниям среды соответствует одно состояние системы) и аналитическая (одному состоянию среды соответствует несколько состояний системы). При этом различают три типа взаимодействия системы со средой: слабое, сильное вероятностное взаимодействие или детерминированное.

Как видно, наиболее близкое содержание этих типов взаимодействия в вычислительной технике имеется у вычислительных средств с сетевой структурой и сетевым взаимодействием – вычислительных сетях, био- и нейрокомпьютерах. В этих системах наиболее полно отражаются следующие принципы биологических систем [3]: адаптации, эволюции, структурно-функционального единства, адекватности и другие.

В связи с тем, что в ходе эволюции биосистемы достигли оптимального уровня совершенства, поэтому они могут служить прообразами для создания новых вычислительных средств, работающих на основе внутреннего и внешнего взаимодействия. При этом необходимо учитывать следующие уровни сетевого взаимодействия: организационный, информационный, алгоритмический, программный и аппаратный.

## 10.2. Эволюция развития вычислительных средств, живой природы и общества

Для обеспечения устойчивости, жизнеспособности и адаптивности биологических и антропогенных систем происходит постоянное возрастание их сложности в процессе эволюции. Это соответствует закону А. Болонкина о возрастании сложности самокопирующихся систем при воздействии на них постоянных внешних условий [4]. По мнению А. Болонкина, этот закон является смыслом существования природы. Усложнения в этих системах возникают за счет понижения сложности (разрушения, повышения энтропии) систем более низкого уровня либо путем поглощения их энергии. На этой базе возникают все более усложняющиеся структуры, образующие системы второго, третьего и т.д. уровней [4]. Как утверждает А. Болонкин, этот закон полностью подтверждается историей возникновения жизни на Земле. В соответствии с этим законом венцом эволюционной пирамиды живой природы стал человек, который сумел благодаря интеллектуальному уровню резко оторваться даже от ближайших предков и использовать для своего развития и роста не только предыдущие уровни сложности, но и нулевой уровень – неживую природу (антропогенные объекты). Именно интеллект, способность к абстрактному мышлению, планирование и создание антропогенных объектов, направленных на резкое увеличение производительности и создание новых технологий, привели к тому, что человечество попало на высшую ступень развития биологического животного мира. Однако в недрах деятельности человечества зародился новый, более высокий уровень сложных антропогенных систем – вычислительные системы. Основная часть этих систем базируется в настоящее время на принципах, отличных от биологических систем. Но в последнее время появились вычислительные системы, архитектура и функционирование которых близки к биологическим системам. При условии, что прогресс развития электроники будет продолжаться такими же темпами, как в настоящее время, то, как утверждает А. Болонкин, в ближайшие 50–100 лет компьютеры по своим возможностям сравняются с человеческим мозгом.

В биологических системах отдельное существо, не имеющее возможности к самокопированию и связи с другими подобными существами, не может образовывать устойчивую систему и рано или поздно должно исчезнуть. Для человека это еще более серьезно, так как отдельный человек не может обеспечить тот высокий научный и технологический уровень, которого мог бы достичь коллектив [4]. В вычислительной технике этот феномен также существует, так как автономный компьютер не может представить такие же возможности, как вычислительная сеть. Особо это важно при работе со знаниями.

На Земле в настоящее время имеется 1,5 миллиона видов животных и около 0,5 миллиона растений, что является результатом 2 – 3,5 миллиардов лет эволюции [5]. По оценкам Энди Гроува, сотрудника компании Intel, к 2002 году количество чипов, непосредственно работающих в различных технических изделиях (вне компьютеров), достигнет 6 миллиардов, а к 2005 году – 10 миллиардов [6]. Аналогичный рост ожидается в использовании различных видов чипов в компьютерах.

Эволюция биосистем до недавнего времени имела качественно более сложный уровень организации и сложности по сравнению с естественными неорганическими и антропогенными объектами. Однако появление био- и нейрокомпьютеров и развитие вычислительных сетей позволяет утверждать, что в сравнительно недалеком будущем сложность этих систем приблизится к биологическим. Отметим, что по структуре и организации эти системы также подобны биологическим.

Рассмотрим более подробно, что представляют собой нейро- и биокомпьютеры, чем они отличаются от обычных и что у них общего с вычислительными сетями.

Биокомпьютер, называемый иногда молекулярным компьютером, – логическое вычислительное устройство, которое использует принципы обработки информации, присущие живым организмам, а в качестве элементов базы применяются сложные сочетания молекул биологических веществ.

Плотность компоновки молекулярных СБИС в 100 тысяч раз больше, чем современных интегральных схем, и потенциально способны повысить на три порядка скорость переключения по сравнению с полупроводниковыми элементами, составляющую несколько наносекунд. Отметим, что человеческий мозг содержит около 10 млрд. нейронов и на три порядка больше синапсов.

Нейрокомпьютер представляет собой нейронную либо нейроподобную сеть, объединяющую тем или иным образом множество искусственных «нейронных» элементов. Эта сеть является определенного вида возбудимой средой, которая обладает свойством дальнего действия между элементами и алгоритмом обучения.

Как отмечал Минский, в перспективе нейрокомпьютер может стать универсальным средством для выполнения многих интеллектуальных функций в реальном времени и окружающей среде, позволяющим управляющим блокам имитировать многие функции в поведении человека [7, 8].

Вычислительная сеть – совокупность территориально распределенных взаимодействующих компьютеров, абонентских пунктов и терминальных устройств (узлов сети), объединенных каналами передачи информации в соответствии с сетевыми протоколами обмена информацией под управлением распределенной операционной системы. Эти системы классифицируются по струк-

турному, функциональному, информационному и организационному признакам [9].

Биокомпьютеры, нейрокомпьютеры и вычислительные сети объединяют: сетевая организация, сетевое взаимодействие, свойство дальнего действия и необходимость работы как с обычной информацией, так и со знаниями. Последнее обстоятельство становится решающим в эволюционном развитии этих средств и постиндустриальном информационном обществе [10].

Прогресс человечества вообще и экономики в, частности, в большой степени зависит от получения и использования знаний вообще и технологических, в частности, так как прогресс производства непосредственно связан с получением новых знаний, а последние 400 лет – научных знаний. Современный прогресс с получением новых знаний зависит от эффективности инструментария, с помощью которого получают эти знания. На данном этапе таким универсальным инструментарием являются компьютеры, работающие в сетевом гиперпространстве. Уже сегодня это приводит к созданию и использованию высоких технологий и возникновению сетевой экономики [6].

Развитие традиционных компьютеров уже приближается к своей вершине. Поэтому все большее внимание компьютерной науки привлекают вычислительные средства с сетевым взаимодействием.

Проследим за развитием этих вычислительных средств в сопоставлении с развитием живой природы. При этом необходимо учесть ряд обстоятельств. Л.В. Тарасов утверждал [5], что процесс эволюции в живой природе является принципиально непредсказуемым в том смысле, что нельзя предсказать возникновение того или иного конкретного вида.

Однако появление генной инженерии в какой-то мере опровергает данное утверждение. В этой связи создание антропогенных объектов и их эволюция могут происходить по иному сценарию, так как создающий эти объекты человек знает, к чему стремиться. Но это не отменяет общих законов развития природы, где человек является ее частью. Принципы симметрии и асимметрии управляют законами природы. Как утверждает Л.В. Тарасов, равновозможные исходы всегда связаны с определенной симметрией. Поэтому отмеченный выше закон зеркального отображения В. Савченко вполне может быть использован для сопоставления процесса обучения человека, отражающего эволюцию познания окружающего мира, и развития возможностей вычислительных средств.

Так, если у ребенка первое познание мира связано в значительной мере с органами чувств (прежде всего, зрением и слухом), речью и определенными умозаключениями, а потом с умением ходить, играть, считать, а в зрелом возрасте – работать с абстракциями, изучать различные теории и т.д., то интеллект вычислительных средств имеет зеркальное отображение. Вначале машину научили считать, решать логические задачи, освоить компьютерную алгебру и

лишь потом распознавать образы, речь, управлять интеллектуальными роботами, умеющими двигаться, читать, слышать, и т.д.

Для выяснения роли вычислительных средств в научно-технической эволюции (НТЭ) рассмотрим три ее фазы [11]:

1) подготовительная фаза (XVI – XVII века) – объединение научной, технической и изобретательской деятельности;

2) первая фаза (XVIII век) – замещение ручного физического труда машинным;

3) вторая фаза (XX век) – процесс замещения умственного труда машинным (прямое замещение человека) и создание орудий для усиления умственных возможностей человека.

Помимо появления компьютеров, в соответствии со второй фазой НТЭ, появилось и сетевое взаимодействие в локальном и глобальном его проявлениях. Таким образом отражалось коллективное взаимодействие во всех сферах деятельности человечества.

Появление вычислительных сетей обеспечило распределенное хранение и обработку информации, а также широкое ее распространение в глобальном масштабе всего интернет – гиперпространства. Но и появление био- и нейрокомпьютеров также в эволюции не случайно, и, как показывает эволюция живой природы, – это повышение сложности для средств обеспечения адаптивности, саморазвития и работы со смысловыми конструкциями и знаниями.

В этом смысле интересно сопоставление с величайшим достижением человечества – расшифровкой генома человека, содержащим около 40 тыс. генов (инструкций) и порядка 3 млрд. элементарных составных частей. В связи с этим широчайшее распространение получают биотехнологии, геннодиагностика, генная инженерия и т.д. Таким образом, в ближайшем будущем ожидается рождение новых высоких технологий и появление чисто биологических компьютеров с хромосомным управлением.

Однако для работы со знаниями это не является столь принципиальным, так как у большинства людей совпадает около 99% генов, но это не гарантирует их одинаковое умственное развитие. А если к этому добавить, что близкий процент совпадения генов наблюдается у обезьяны, то становится понятным, что дело не в генах, а в их структурных отношениях и содержании.

### **10.3. Роль био- и нейрокомпьютеров и вычислительных сетей в эволюции вычислительных средств**

Известно, что обычные компьютеры достаточно хорошо приспособлены для решения численных задач, работы с гипертекстами, задач компьютерной алгебры, банковских задач, работы с базами данных, компьютерных игр и некоторых других задач, но гораздо хуже для задач распознавания образов, речи.

И совсем неудовлетворительно эти компьютеры решают интеллектуальные задачи, работают с базами знаний, управляют интеллектуальными роботами, решают сложные задачи с умозаключениями и т.д.

И хотя имеется немало примеров решения таких сложных задач на традиционных компьютерах, это достигается за счет использования сверхпроизводительных вычислительных средств. Так, чтобы сыграть свой последний чемпионат с Гарри Каспаровым, фирме ИВМ потребовалось создать сверхпроизводительную ЭВМ, достаточно сложное специальное математическое и программное обеспечение, ориентированное непосредственно на Г. Каспарова. Хотя машина и выиграла у Каспарова, никто не смог бы гарантировать, что она могла бы выиграть у Крамника без существенной модернизации математических, программных и технических средств. И все это связано с отсутствием в машине свойств адаптации, обучения и саморазвития.

Био- и нейрокомпьютеры наиболее приспособлены для решения этих интеллектуальных задач, так как обладают свойствами адаптации и саморазвития как самой структуры, так и математического программного обеспечения к решаемой интеллектуальной задаче в силу сетевой организации, способности к обучению и гибких связей с внешней средой (рецепторные и эффекторные). Помимо этого, в данных средах легче образовывать механизмы решающих правил для анализа громадного количества признаков, понимания смысловых и тактико-технических понятий данной конкретной области. Кроме того, эти компьютеры могут быть хорошо приспособлены для использования различных эвристик, нечетких логик и различных моделей типа марковских цепей и т.д.

Рядом перечисленных выше свойств обладают вычислительные сети и особенно тогда, когда в узлах, наряду с обычными компьютерами, используются био- и нейрокомпьютеры.

Необходимо отметить, что адаптация, самоорганизация и саморазвитие присущи всем живым организмам, и именно поэтому, согласно закону зеркального отображения В.Савченко [2], они являются конечной глобальной целью развития вычислительных средств.

Сравнивая сегодняшнее состояние развития рассматриваемого класса вычислительных средств с тем, что декларируется глобальной целью, можно констатировать, что они находятся на начальном этапе эволюции. При этом определенная база для решения глобальной проблемы подготовлена, о чем свидетельствуют бурно развивающиеся системы представления знаний, включающие различные языки представления знаний, механизмы и алгоритмы их приобретения и генерации. Накопление, переработка, структурирование, поиск, обобщение и на их основе генерация знаний всех видов является основой данного процесса. При этом различают [7] предметные, концептуальные, конструктивные, процедурные и другие виды знаний. На интеграцию всех видов знаний и средств их переработки направлена эволюция развития вычислительных

средств. Для обеспечения условий саморазвития и адаптации, подобно тому, как это делается у человека, в настоящее время предложены нейроподобные растущие сети, включающие рецепторно-эффекторные механизмы [8].

#### **10.4. Виртуальные семантико-информационные вычислительные сети**

При рассмотрении работ, связанных со знаниями, необходимо учитывать особенности, присущие человеку. Среди этих особенностей отметим следующие: целенаправленная деятельность, возможность адаптироваться к внешним и внутренним условиям за счет изменения структурно-логических связей, способность совершенствоваться и саморазвиваться, умение абстрагироваться и обобщать известные результаты, строить модели внешнего и внутреннего мира.

Многое из перечисленного в той или иной мере присуще современным вычислительным средствам. При этом происходящие изменения соответствуют эволюционному пути развития Природы. В природе эволюция базируется на следующих трех факторах: изменчивость, наследственность и естественный отбор. При этом в соответствии с законом Менделя случайные изменения передаются по наследству и постепенно накапливаются в потомстве. Эволюционное развитие при этом идет не от простого к сложному, как это кажется на первый взгляд, а от менее приспособленного к более приспособленному за счет увеличения числа видов, большего их разнообразия и появления более организованных видов. Поэтому именно наиболее приспособленный, т.е. наиболее адаптируемый организм находится на вершине биологической пирамиды. Именно это и ничто другое придает эволюционному процессу прогрессивную направленность.

Описываемые выше механизмы эволюции присущи как живой природе, так и вычислительным средствам и сетевой экономике, которая базируется на сетевом взаимодействии. В этой связи вступает в противоречие один из законов сетевой экономики, предложенный Кевином Келли [6]. Этот закон назван автором законом «маслобойки» – поиск стабильного равновесия. Согласно закону, в предложенном К. Келли принципе сетевой экономики нет целенаправленной деятельности и в соответствии с факторами эволюции, приведенными выше, не обеспечивается определенная упорядоченность. У Келли нет механизмов отбора и поэтому его «масло» окажется простой водой. Свой закон Келли обосновывает тем, что последние исследования показали: в Природе нет и не может быть баланса и равновесия, а есть постоянное разрушение и созидание. Аналогично этому, как утверждает Келли, будет происходить и в сети. Хотелось бы возразить Келли в отношении данной аргументации. Действительно, в природе очень редко встречается статический баланс, но, в основном, как в природе, так и в экономике, существует иерархия динамических балансов [10]. Именно она

является причиной как разрушения, так и созидания. Благодаря этому, в природе имеется гармония. К этой гармонии необходимо стремиться как в сетевом гиперпространстве, так и в сетевой экономике.

Именно для создания такой гармонии эволюционное развитие вычислительных средств и коммуникаций создало предпосылки к появлению сетевой архитектуры – появлению вычислительных сетей, био- и нейрокомпьютеров. Все эти сетевые образования появились для обеспечения саморазвития и самоорганизации как на локальном, так и на глобальном уровне. Известно, что добавление одного узла в сети приводит к появлению новых  $2^n$  связей, где  $n$  – число узлов сети. Таким образом, имеет место экспоненциальный рост связей в сети. Отметим, что этот процесс существует в биологических системах, что еще раз подтверждает идентичность эволюционного пути биологических и вычислительных систем. Экспоненциальный рост связей усложняет поиск необходимой информации в сети. Что может быть противопоставлено этому росту сложности?

По нашему мнению, саморазвитие и самоорганизацию на локальном уровне можно обеспечить использованием био- и нейрокомпьютеров, они же должны сыграть существенную роль при создании виртуальных семанτικο-информационных сетей, где наряду с разнообразной информацией, которая и сегодня циркулирует в сети, начинает передаваться смысловая информация. При этом часть смысловой информации все время будет возрастать, т.е. сети начинают работать со знаниями. Такой подход позволит резко сократить время поиска и передачи информации и будет противостоять экспоненциальному росту связей в сети.

Поясним данный подход. В отличие от обычной трактовки семантики как смыслового значения слова, оборота речи, текста или его частей [12], в данном контексте под термином «виртуальность» понимается переход на более высокий уровень абстракции в управлении сетью на основе соответствующих новых уровней протоколов сети, построения семантической сети [12] и других моделей выражения смысла [13 – 17].

Важность такого подхода связана с тем, что современный этап человеческого общества характеризуется широким освоением знаний, которые приобрело человечество за все время своего существования. Это связано, прежде всего, с тем, что в постиндустриальном обществе знания вообще и технологические знания, в частности, решающим образом определяют темпы развития как отдельных стран и народов, так и человеческого общества в целом [10]. Индустриальными средствами освоения этих знаний являются вычислительные сети и машины, которые образуют своего рода первичную систему, подобную нервной сети живого организма. Благодаря этому, такие системы обладают потенциальной возможностью адаптироваться и развиваться.

Сетевая архитектура вычислительных сетей, нейро- и биокомпьютеров предопределена их эволюционным развитием и, прежде всего, направлена на возможности адаптации, самоорганизации, саморазвития, работу как с обычной информацией, так и со знаниями. Именно благодаря последнему, можно утверждать (как и в живой природе роль человека), что эти средства находятся на вершине эволюционного развития.

Вычислительные сети, нейро- и биокомпьютеры имеют общую структуру – сеть и дальноедействие элементов, которые образуют сеть. Эта общая структура данной группы вычислительных средств существенно отличается от классических и может более адекватно функционально отображать процессы, которые происходят в человеческом мозгу, и благодаря этому, они представляют наибольший интерес для работы со знаниями. Особо важно отметить, что появление такого типа вычислительных средств и коммуникаций уже в ближайшее время будет существенно влиять на научно-технический прогресс будущего постиндустриального информационного общества [10] и создание динамичной сетевой экономики [6]. Этот прогресс будет обусловлен, прежде всего, за счет структурирования, передачи, хранения и переработки знаний и, как следствие, произойдет резкий рост появления новых наукоемких (высоких) технологий.

Одной из отличительных особенностей рассматриваемых классов вычислительных средств является то, что сеть осуществляет коллективное взаимодействие, связующее воедино громадное множество его элементов. В свою очередь, вычислительная сеть объединяет воедино не только компьютеры, но и людей и, благодаря этому, выступает в роли коллективного разума. Эту роль вычислительных сетей сдерживают сегодня следующие два обстоятельства: недостаточная развитость системы работы со знаниями на локальном уровне и отсутствие смыслового уровня при поиске необходимой информации в сети. В этой связи нельзя считать сегодняшний поиск информации в вычислительной сети удовлетворительным, так как поиск по ключевым словам и их сочетанию позволяет находить весьма избыточную информацию, а не конкретные знания в интересующей области. Такой подход к поиску информации усугубляется еще и экспоненциальным ростом связи в вычислительной сети. Использование же семантического поиска позволит не только находить необходимые знания, но и делать аналитические обзоры по интересующим пользователя сети вопросам.

Как видно из эволюции развития вычислительных средств, основную роль для работы со знаниями как на локальном, так и на глобальном (сетевом) уровне, должны взять на себя нейро- и биокомпьютеры. Благодаря включению их в серверное и другое оборудование элементов сети, удастся создать виртуальные семантико-информационные сети, что позволит создать новую сетевую экономику, когда основные доходы будут получаться не за счет продажи средств вычислительной техники, а за счет продажи разнообразных услуг, включающих получение необходимой информации и знаний. Именно благода-

ря такому подходу возрастет роль информации и знаний в процессе развития сетевой экономики, позволит частичное замещение денег знаниями, т.е. интеллектуальным капиталом [10].

Как уже подчеркивалось выше, есть сходство в развитии мира вообще и компьютеров, в частности. Хотя внешне окружающий нас мир насыщен случайностями, тем не менее он достаточно организован и во многих отношениях упорядочен. Это связано, прежде всего, с тем, что дезорганизующим действиям случайности противостоит организующее действие управления и самоорганизации [15]. В этой связи роль нейро- и биокомпьютеров состоит также и в том, чтобы непосредственно участвовать в процессах управления потоками информации в вычислительных сетях и адаптироваться к внешним и внутренним условиям применения за счет имеющихся у них свойств самоорганизации и саморазвития. Напомним, что основное отличие знаний от информации состоит в возможности первых к развитию вследствие бесконечности процесса познания, в результате которого появляются новые знания. Благодаря отмеченным выше свойствам этим компьютерам предстоит в будущем играть ключевую роль в противостоянии относительному информационному хаосу, царящему в современных вычислительных сетях по нахождению необходимой информации и знаний.

Виртуальные семантико-информационные сети, био- и нейрокомпьютеры составляют основной инструмент для моделирования функций, происходящих как в мозгу человека, так и в коллективном разуме. Это положение хорошо коррелируется с теорией «искусственной жизни» Питера Шустера. При этом важную роль в этой «жизни» будут играть процессы самовоспроизведения, которые невозможны без самоорганизации и саморазвития. Помимо этого, П. Шустер установил, что в живой природе, наряду с выживанием вида, самого приспособленного к окружающей среде («оптимизация» по Дарвину), существуют множество полезных способов поведения, не являющихся «оптимальными» по Дарвину. Именно это и позволяет перенести эволюционные подходы на неживую природу. В настоящее время имеются свидетельства этого эволюционного развития. Прежде всего, это создание вычислительных средств с сетевой архитектурой, выполненных на молекулярном уровне. Данные средства позволяют моделировать процедуры самоорганизации на синапсном уровне [7], а также изменять во время обучения не только синапсный уровень, но и структуру сети [8].

Из изложенного выше видно, что развитие вычислительных сетей, био- и нейрокомпьютеров происходит по тем же законам, что и в живой природе, но в отображении зеркальной симметрии. При этом глобальная цель их эволюционного развития – достижение самоорганизации и саморазвития для обеспечения наивысшего уровня адаптации к внутренним и внешним условиям применения для обеспечения динамичной работы с информацией и знаниями, что и обеспе-

чит высокоэффективную динамичную экономику, основанную на высоких технологиях.

Таким образом, мы видим, что вычислительные средства и коммуникации за столетие проделают тот эволюционный путь, который живая природа проделала более чем за 2 млрд. лет. В то же время необходимо отметить, что, несмотря на огромные достижения в рассматриваемой области, мы находимся в начале пути создания глобальной виртуальной семанτικο-информационной вычислительной сети с узлами, оснащенными как нейро-, био- и обычными компьютерами и работающей с широким спектром информации и знаний, составляющих основу сетевой экономики. При этом надо констатировать, что, как показано выше, основные фундаментные блоки и некоторые части знаний уже заложены.

## Выводы

В работе сделан анализ развития вычислительных средств на основе их эволюционного развития. Показано, что сетевая организация и межузловое взаимодействие как на локальном, так и на глобальном уровне, станет основой для построения виртуальных семанτικο-информационных вычислительных сетей. Эти вычислительные средства и коммуникации станут основным инструментом для накопления, переработки, структурирования, поиска, обобщения и генерации различных видов знаний. Эти средства и знания станут основой новой сетевой экономики, которая позволит осуществить динамику развития народного хозяйства на основе наукоемких технологий, иерархии балансов интересов и ресурсов. Имеющиеся в настоящее время вычислительные сети, био- и нейрокомпьютеры находятся на начальном этапе эволюционного развития адаптивных саморазвивающихся антропогенных систем.

## Список литературы

1. *Colin J.* Biologist posits artificially alive theory. *Electronic Engineering Times // Computer week.* – 1995. – № 36. – С. 42, 44.
2. *Савченко В.И.* Мир перед точкой закипания: попытка аналитического пророчества // *Визит сдвинутой фазиианики: Сб. фантастики.* – Киев: Молодь, 1991. – 254 с.
3. *Словарь по кибернетике /* Под ред. В.С. Михалевича. – Киев: Гл. ред. УСЭ, 1989. – 751 с.
4. *Болонкин А.* Постчеловеческая цивилизация // *Энергия разума.* – 2000. – № 1. – С.2 – 7.
5. *Тарасов Л.В.* Мир, построенный на вероятности. – М.: Просвещение, 1984. – 191 с.
6. *Келли К.* Двенадцать принципов преуспевания в бурно меняющемся мире // *Wired.* – 1998. – April.
7. *Нейронні мережі в системах автоматизації /* В.І. Архангельський, І.М. Богаєнко, Г.Г. Грабовський, М.О. Рюмшин. – Київ: Техніка, 1999. – 364 с.
8. *Морозов А.А., Яценко В.А.* Интеллектуализация ЭВМ на базе нового класса нейроподобных систем. – Киев: Тираж, 1997. – 125 с.
9. *Петренко П.А., Теслер Г.С.* Обработка данных в вычислительных системах и сетях. – Киев: Техніка, 1980. – 232 с.

10. *Теслер Г.С.* Концепция построения постиндустриального информационного общества // Математичні машини і системи. – 2000.– № 2/3. – С. 185 – 194.
11. *Научно-технический прогресс: Словарь / Сост.: В.Г. Горохов, В.Ф. Халипов.* – М.: Политиздат, 1987.– 366 с.
12. *Заморин А.П., Марков А.С.* Толковый словарь по вычислительной технике и программированию. Основные термины. – М.: Русский яз., 1988. – 221 с.
13. *Толковый словарь по вычислительным системам / Под ред. В. Иллиnguорта и др.: Пер. с англ.– М: Машиностроение, 1991. – 560 с.*
14. *Тьюгу Э.Х.* Концептуальное программирование. – М.: Наука, 1984.– 256 с.
15. *Кеесс Ю.Ю.* Анализ и синтез фреймовских моделей АСУ. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 168 с.
16. *Элт и Дж., Кумбс М.* Экспертные системы: концепции и примеры. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 191 с.
17. *Цейтлин Г.Е.* Введение в алгоритмику. – Киев: Фарт, 1998.– 310 с.