**ФРАГМЕНТЫ ИСТОРИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ В 20 И 21 ВЕКЕ**

Е.М. Лаврищева, гнс ИСП РАН, доктор ф.-м. наук, профессор МФТИ,

lavryscheva@gmail.com

**Аннотация.** Подана история развития нано материалов при Советском союзе и на сегодняшний

день. Дана характеристика понятия нано материалов и элементов, появившихся одновременно с

ЭВМ 1959г. в первых работах Р.Фейнмана и Э.Дреслера. Показан путь развития компьютеров

аналогичный нано и в связи с уменьшением элементов компьютеров в десятки и сотни раз. Приведен

пример нано синтеза элементов ДНК и перспектив развития нано технологий.

1. **Вступление**

Рассматривается появление нано элементов в период создания первых ЭВМ в СССР в 60-х прошлого столетия и развитие элементов ЭВМ - транзисторов, чипов, интегральных микросхем, кристаллов, как нано элементов для современных компьютеров (настольных, карманных и др.) [1, 2]. Дано определение понятия нано элементов Р.Фейнманом и направление развития нано технологий сборочного типа. Приведены первые нано материалы в Украине, России и за рубежом. Дана характеристика элементов современных компьютеров, близких к нано элементам. Отмечается роль Интернет средств (Knowledge, Ontology Semantic Web) для развития таких областей знаний e-science, как биология, генетика, физика, медицина, энергетика и др.[3-5]. В Интернет поданы современные концепции представления знаний в e-science, построения онтологических моделей дисциплин и технологии сборки готовых ресурсов Интернет (веб-сервисов, компонентных и композитных элементов), накопленных в библиотеках и репозиториях, в инфраструктуру этих областей. Намечается тенденция минимизация схем ресурсов до размеров нано элементов.

1. **История появления нано технологий**

Впервые идею сборки атомов в макро атомы специальными сборочными манипуляторами предложил Р.Фейнман (1959г.) в виде манипулятора атома, на который не действуют силы гравитации, а действуют межмолекулярные Ван-Дер-Ваальсовые силы. Произвольное число таких механизмов (машин), представленных манипулятором из элементов, уменьшенных в четыре и более раза копии «руки» оператора может быть любое. Механизм может закручивать маленькие болты и гайки, сверлить очень маленькие отверстия, выполнять работы в масштабе 1:4,1:8, 1:16. К маленьким нано механизмам относятся микро роботы, хирургические микроприборы, микро стимуляторы, чипы и т.п. Р.Фейнман считал, что будут созданы миллионы миниатюрных заводиков, на которых крошечные станки будут непрерывно «сверлить отверстия», штамповать маленькие детали для микроприборов,  собирать их в макро механизмы, макроприборы, образовывать макро вещи и др.

Тенденция миниатюризации элементов и получения  из очень маленьких частиц других веществ с новыми свойствами привели к технологии производства новых веществ и устройств с заранее заданной атомарной архитектурой (Э.Дреслер). В ней атом – это 10-10 =1 нанометра (нм), а бактерии это 10-9 нм. Частицы от 1 до 100 нанометров называют нано частицами.  Некоторые нано частицы имеют свойство слипания друг с другом, что приводит к образованию новых агломератов (в медицине, керамике, металлургии и др.). Одна из задач нано технологии состоит в группировании молекул и их самоорганизация для получения новых материалов, веществ, устройств и др. Примером является белок и синтез нескольких молекул белков ДНК в комплексные структуры с новыми специфическими свойствами.

**2.1. Нано технология «Интеллект» в России**

Эта технология ориентирована на получение новых физико-химических свойств некоторых материалов для создания сверх частотного инфракрасного материала в видимом диапазоне частот. Она создана в Московском дворце творчества «Интеллект». В результате многолетнего изучения физико-химических свойства разных материалов был создан новый материал для маскировки военной техники и инженерных сооружений от оптических и радиолокационных средств, а также с целью проведения разведки растительных, горных и пустынных участках земли. Полученный материал получил название - волокно SiO2. В него встроены ферримагнитные нано частицы, обеспечивающие коэффициент отражения в 15–80 раз по сравнению с металлической пластинкой в диапазоне частот А–37 ТЦ. Полученный материал демонстрировался на передвижной выставке учебного класса «Нано технологии и материалы» ([www.intellect-cit.ru](http://www.intellect-cit.ru)) по России и Украине. На выставке демонстрировалось:

– сканирующий туннельный микроскоп «Умка» для изучения поверхности материалов с атомарной разрешающей острой иглой, скользящей по исследуемому материалу;

– устройство заточки иглы;

– смеситель материалов для получения сверх частотного материала;

– образцы материалов (астр бетон–ЛБ, радиопоглощающий материал РПМ, гидрофобные покрытия);

– описание процесса получения нано частиц золота размером 15–20нм. и др.

Опыты и лабораторные работы проводили научные руководители из МГУ, института стали и сплавов, химико-технологические, электронные техники, концерн нано индустрии и др.

Сегодня, можно отметить, что группа ученых США, Китая и России синтезировали кристалл бора – борофен, толщиной в 1 атом, который заменит ранее изготовленный графен. Борофен обладает

высокой прочностью и производительность (ж. За науку. МФТИ, 2016).

**2.2. Нано технология в Украине**

Статья «Нано технология в Украине – вдогонку за уходящим поездом» в газете «Зеркало недели» №35(132) изложена 28.09.2013. В ней представлен материал о создании электронно-лучевых веществ в институте электросварки им. Е.Патона в 70-х годах прошлого века В то время физики многих стран получили тонкие нано металлические пленки испарением в вакууме. В процессе сварки металлических материалов разных толщин использовался электронный луч для нано концентрированного нагрева в вакууме. Сварка в космосе выполнялась новыми материалами для покрытия металлических аэрокосмических конструкций по методу электронно-лучевой плавки и конденсации веществ в вакууме. Был создан новый технологический прием электронно-лучевой сварки с участием моего мужа. Этот прием был запатентован в ряде передовых стран в 1984 году под названием (ЕB-PVD). Данная нано технология вошла в жизнь и использовалась практически много лет. Однако современные или улучшенные технологии долго не появлялись. И поэтому рассматривалась технология как уходящий поезд.

Путь к нано технологиям в области вычислительной техники начался с производства новых компьютерных элементов, микромодулей и т.п. в институте Кибернетики АН УССР. Создана электронно-лучевая микро обработка с помощью полупроводниковых материалов, которая широко использовались в электронной литографии, рассеивании электронных потоков в веществах, при распределении энергии между различными видами атомов и механизмов поддержки химических реакций. К нано продукту отнесен плоский электролюминесцентный экран, который был представлен на международной выставке «Автоматизация-69» в экспонатах:

- машина “Киев-70” для управления процессами электронной литографии с целью создания субмикронных интегральных схем размером (0,5 — 0,7, а в отдельных случаях 0,3) микрона, сверхвысокочастотные транзисторы (60 Герц);

- УВК «Днепр-2» с новой системой прерывания и с использованием указанных интегральных схем при управлении технологическими процессами в автоматизированных системах технологическими процессами (АСУ ТП). Затем эта электронно-лучевая микро обработка использовалась при построении новых технологий компьютеров МИР-3.

Многолетние исследования машинного интеллекта и ИТ-технологий распознавания образов, развития медицинской и биологической информатики в Международном научно-учебном центре информационных технологий (МННИТ) В.И.Гриценко в [6] разработаны зрительные, речевые технологии обработки знаний и сигналов сложной физической природы. В результате создан образный компьютер, реализующий стерео зрение, идентификацию и изображения личности, городских территорий и др. Дальнейшим развитием такого класса компьютерных систем являются перспективные технические приборы типа нано приборов. К ним относятся электронно-голосовая клавиатура, интеллектуальный речевой интерфейс, портативные цифровые диктофоны с голосовым управлением, приборы распознавания человеческих лиц и биометрическая система контроля «Видео секьюрити» и др.

**2.3. Зарубежные нано технологии**

Минимальный нано элемент - чип создан учеными в ряде стран Германии, Швейцарии, Италии и др., Взаимодействие компьютера с живыми клетками осуществляется с помощью поперечника в 1 миллиметр, на котором размещены 16384 транзисторов и сотни конденсаторов. Транзисторы получают сигналы от клеток с помощью конденсаторов. Специалисты предлагают привлечь нейронную технику чипов с использованием живых клеток. Американская лаборатория в Беркли и в Калифорнийском университете создала механизм совмещения клеток с чипами и проведены генетические исследования клеток молекул ДНК для создания искусственных ДНК-систем. Создаются чипы-датчики для анализа загрязняющих среду веществ и испытания фармацевтических препаратов. Микроэлектроника обеспечила создание микроэлементов, которые используются в ноутбуках, мобильных и многоядерных телефонах, цифровых фотоаппаратах, видеокамерах и др. Они широко использовались в компьютерных и информационных технологиях.

1. **Развитие элементной базы первых ЭВМ, приближающих к нано**

Современные технологии компьютеров и программ собираются из небольших, маленьких микроэлементов. Эти технологии идейно приближаются к созданию компьютерных элементов типа нано элементов, нано частиц в нано технологии.

Путь к нано технологиям в производстве компьютеров и программ идет через создание технологических и продуктовых линий (Product Line) сборки продуктов из ранее изготовленных малых по размеру микромодулей и компьютерных элементов в виде готовых reuses, хранящихся в банках и депозитариях современных фабрик программ.

Процесс изготовления компьютерных систем приближен к автоматизированной сборке малых отдельных элементов в более крупные элементы, как на сборочном конвейере, который В.М.Глушков определил в 1975 по аналогии с конвейером Форда в автомобильной промышленности. Отличительной особенностью такого конвейера - технологические линии (ТЛ) сборки изготовленных элементов в более крупные технические структуры [11-15]. На основе новой элементной базы собираются варианты компьютеров в разных точках нашей планеты. Анализируя компьютерные технологии можно сказать, что они развиваются по типу нано технологий, которые обеспечивают сборку новых моделей компьютеров из малых мини элементов подобных «атомам и молекулам». Схемные элементы еще в 80-х годах стали настолько мизерными, что их встраивали в бортовые приборы космических и военных систем, а также в медицинские приборы компьютерного типа академика Амосова [10].

* 1. **Новые микроэлементы компьютеров близких нано**

Появившиеся первые вычислительные машины первоначально были ламповые. К 1947г. появились интегральные микросхемы (рис.1, 2) и транзисторы. Они упростили и уменьшили размер первых ЭВМ [8,9]. Потом появились Интел микропроцессоры (1978) и Intel 8008 на одном кристалле, на котором размещалось около 100 миллионов транзисторов. На пластине (465см2) вмещалось 31 миллиард транзисторов.

 

Рис.1 Интегральные микросхемы Рис.2. Микропроцессор Интел 8086

К перспективам развития элементной базы относятся также и новые материалы, вырабатывающие электрический ток (рис.3). Четыре слоя этого материала уложены один поверх другого и начинают работать, когда получают давление. На рис.4 приведены элементы молекулярного нанокомпьютера, размер которого соответствует нескольким нанометрам и предназначен для работы с мельчайшими атомами и молекулами близкими по толщине нити.

.

** **

Рис.3. Электрический материал Рис.4. Элементы молекулярного компьютера

Идея чипов развивалась учеными в направлении взаимодействия компьютера с живыми клетками с поперечником 1 миллиметр, на котором размещены 16384 транзисторов и сотни конденсаторов. Транзисторы получают сигналы, которые передаются клеткам с помощью конденсаторов. Для живых клеток молекул ДНК при создании искусственных ДНК-систем привлекались чипы. Благодаря достижениям микроэлектроники стали создаваться ноутбуки, мобильные телефоны, многоядерные телефоны, цифровые фотоаппараты, видеокамеры и др. Эти элементы широко использовались в разных системах. Путь к нано технологиям лежит в производстве компьютеров из микромолекул и модулей компьютерного типа, а также малых мини компьютеров из новых функционально связанных структурных нано микроэлементов. При автоматизации линий сборки компьютеров используются малые микроэлементы, микромодули, мелкие «частицы» и средств их «слияния» в новые структуры малого размера. Компьютерные приборы работают с мельчайшими элементами, «атомами» близкими по толщине нити (транзисторы, монокристалл и т.п.). Например, видео карты графики из 3.5 млн. частиц на одном монокристалле и сенсорные карты для коррекции сетчатки глаза и др. Такие элементы являются «атомами» и молекулами компьютерной нано технологии.

**3.2. Самоорганизация элементов типа нано**

Идея самоорганизации элементов разной природы развита в теории Глушкова для экономических моделей и макромоделей [ 12]. Она близка к самоорганизации малых элементов и микромодулей в нано технологии. Каждый малый элемент должен быть стандартизован для проведения их синтеза, как частицs нано материалов. Эта идея нашла отражение при создании умных, интеллектуальных машин инженерных расчетов «Мир 1, 2, 3» в 70 годы прошлого столетия с помощью маленьких схем программ в языке «Аналитик» для проведения аналитических преобразований, доказательства теорем и решения задач численно-аналитическими методами. Схемы программ были очень маленькие по величине и встраивались в структуру этих машин как готовые детали. Более совершенные схемы программ вычислений появились в новой версии «МИР» - Инпарком-256, разработанных в ИК НАНУ совместно с Германией [16]. Эта машина «МИР» стала первой интеллектуальной инженерной машиной для решения математических задач - систем линейных, нелинейных, интегральных и дифференциальных уравнений, задач Каши, краевых задач и др. [5]. Идея умных машин находит отражение в Интернет вещах (Smart), в умных заводах, городах, предприятиях и т.д.[20]. В [21] приведен анализ больших данных (Big Data) в умных городах с помощью инструментов MapReduceи Hadoop для проведения вычислений Cloud Computing. Заметим, что Бил Гейтс планирует выпустить первый умный компьютер к 2025г., который будет собираться из «малых» элементов подобно «атомам и молекулам» нано технологии.

**З.3. Изготовление продуктов на конвейерах фабрик**

Р.Фейнман считал, что будут созданы миллионы миниатюрных заводиков, на которых крошечные станки будут производить маленькие детали и собирать их в макромеханизмы, Это идея вполне соответствует появлению современных фабрик программ в общесистемных средах (AppFab) и фабрик конвейерной сборки по продуктовым (ProductLine) и технологическим (Technology) линиям (Лаврищевой, Гринфильда, Ленца и др.) из готовых стандартных элементов, накопленных в репозиториях и библиотеках программ [19].

**3.4. Развитие теории нано элементов сегодня**

В рамках диссертационного исследования выпускник МФТИ и А. Островский разработал математический метод распознавания элементов ДНК, который представлен на сайте <http://7dragons.ru/bio.seg> (2013) [21]. Этот метод реализует две нано задачи:

1. [Определение фрагментов генов](http://en.wikipedia.org/wiki/Gene_prediction) — экзонов и интронов: по заданной последовательности нуклеотидов гена определить их принадлежность к этим фрагментам.
2. [Определение вторичной структуры белка](http://en.wikipedia.org/wiki/Protein_structure_prediction): по заданной последовательности аминокислот, составляющих белок, определение их принадлежности к пространственным структурам — спиралям, листам и нерегулярным образованиям и др.

Обе задачи решаются с помощью  [марковских моделей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D1%80%D1%8B%D1%82%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C) и их обобщения. Математическая формулировка этих задач, алгоритма их решения и доказательства математической корректности изложены в приведенной диссертации.

Новые нано методы появятся в рамках ряда научно-технических программ международного сообщества фундаментальных тем применительно к разным Интернет наукам (Knowledge, Ontology, smart и др.). Будут созданы новые виды нано подобных технологий технических и компьютерных систем из перспективных микро элементов, молекулярного и атомного типа в современной медицине, биологии, биокибернетике, химии и др.

**4. Заключение**

Рассмотрена история появления нано элементов в период создания первых ЭВМ в СССР (1950 г.) и развитие элементов ЭВМ - транзисторов, чипов, интегральных микросхем, кристаллов, как нано элементов современных компьютеров (настольных, карманных и др.). Приведено определение Р.Фейнмана и Э Дрейслера нано технологий и первые нано материалы в Украине, России и за рубежом. Дана характеристика элементов современных компьютеров, близких к нано элементам. Приведена конкретная работа студента МФТИ по работе с ДНК элементами и первые научные результаты. Намечены пути развития компьютерных технологий к нано.

**Литература**

1. Edwards, Steven Alan. *The Nanotech Pioneers.* Germany: WILEY-VCH, 2006, [ISBN 978-3527312900](http://www.amazon.com/dp/35273129011?tag=encyclopediap-20&camp=14573&creative=327641&linkCode=as1&creativeASIN=35273129011&adid=0NQQZXQ96PDAJGB1J8XS).
2. [www.crn.center](http://www.crn.center) for responsible nanotechnology/the meaning of nanotechnology.

3. . Лаврищева Е.М. От технологии программирования к нано технологиям программ и систем.-

Международный научный конгресс «Информационное обществов Украине.-К.29.10.2013.-с.59-62.

1. Деркач В.П. Переход от электронных ламп до молекулярных схем и нанотехнологий.- Международный научный журнал «Наука и науковедение», Б 4(58), 2007.- с. 58-68.
2. Глушков В.М. Прошлое устремленое в будущее.-К.: 2013.- Академпериодика, 283 с.
3. International symposium on the contribution of Europeans to the evolution and achievement of Computer Technology. –Сomputer in Europe and Future. Proceeding, October 5-9, 1998. Kiev, MinScience and Technology of Ukraine, 480 р.
4. Лаврищева Е.М. Основы технологической подготовки разработки прикладных программ СОД.-Препринт 87-5 ИК АН УССР.—1987.-30 с,
5. Андон Ф.И, Лаврищева Е.М., Слабоспицкая О.А.Методология построения линий изготовления программных продуктов и практика их использования // Международный научный конгресс «Информационное общество в Украине» (24–25 октября 2012).–Available at [http://www.ict-congress.com.ua/ attachments/article/102](http://www.ict-congress.com.ua/%20attachments/article/102)
6. Лаврищева Е.М. Сборочный конвейер фабрик программ – идея академика В.М.Глушкова.-Монография «В.М.Глушков. Прошлое устремленное в будущее».–Академпериодика, 2013.- с.130--138.
7. Глушков В.М., Бондарчук В.Г., Гринченко Т.А. и др. АНАЛИТИК-74, 79, 89, 93, 2000. – Кибе6рнетика и системный анализ. –1995. –№5. –с.127–157.
8. Системы компьютерной алгебры семейства АНАЛИТИК,/ Коллектив авторов.- К.: НАНУ ИПММС, 2010.-762 с.
9. Глушков В.М. Кибернетика, ВТ, информатика (АСУ).–Избран. труды в 3-х томах. –К.: Наук. думка, 1990, 262 С, 267 С., 281 С.
10. Bolotskikh Y.V., A.V. Vasyukov, Petrov I.B. Modelling of Dynamic Problems in Biomechanics. Math. Model. Nat.
11. Петров И.Б. Математическое моделирование в медицине и биологии на основе моделей механики сплошных

сред. Труды МФТИ, т. 1, №1, 2009г., с. 5-16..

1. Forrest A.R. «Computational geometry», Proc. Royal Society London, 321, series 4, 187–195 (1971).
2. Lavrischeva E., Aronov A., Dzubenko A. Programs factory – a conception of Knowledge Representation of Scientifically Standpoint of Software Engineering. Jornal of Computer Science, Canadian Center of Science and Education, ISSN1913-8989, 2013, p. 21-27.
3. Островский А.В. Методы распознавания на основе моделей Маркова со скрытыми переменными. – Автореф. дис.- 2013.- ИК НАНУ.-23с.
4. Лаврищева Е.М. Программная инженерия. Парадигмы, Технологии, CASE-средства

программирования. –М: Юрайт, 2016. –280 с.

1. Пройдаков Э.А. и др. Платформа «АН2», 2016, 139с.
2. Лаврищева Е.М. , Рыжов А.Г.Применение теории общих типов данных стандарта

ISO/IEC 11404 GDT к Big Data", «Актуальные проблемы в современной науке и пути

их решения» , 27 октября 2016, <http://euroasia-science.ru>.

3. Лаврищева Е.М. От технологии программирования к нано технологиям программ и систем. .-

Международный научный конгресс «Информационное обществов Украине.-К.29.10.2013.-с.59-62.

1. Лаврищева Е.М. От технологии программирования к нано технологиям программ и систем.- Международный

научный конгресс «Информационное общество в Украине».К.:29.10.2013.-с.59-61.