

Этюд о синергетике и нанотехнологиях



Опубликовано 29.04.2013



Олег Фиговский

Одним из наиболее успешных и активно развивающихся междисциплинарных подходов является теория самоорганизации или синергетика. Одна из парадигм синергетики – это парадигма динамического хаоса. В своей статье «Россию спасет хаос» <http://www.rusnor.org/pubs/articles/8949.htm> профессор Георгий Малинецкий отмечает, что «наиболее революционными стали в настоящее время междисциплинарные подходы и то, что математики нашли математический образ невезения. Выяснилось, что есть два сорта катастроф, два сорта сложных систем. Один сорт катастроф, который называют гауссовыми, это катастрофы, максимальный ущерб от которых легко предвидеть. К ним относятся, скажем, автомобильные аварии, естественная смерть человека. Ничего страшного, можно оценить вероятность и ожидаемый ущерб. Поясним на пальцах, что такое гауссово событие. Наш рост распределен по закону Гаусса. Это означает, что мы можем пренебречь вероятностью встречи с трехметровым гигантом. И с легким сердцем считать, что мы никогда его не увидим. Но сегодня мы живем в несколько ином мире. И вот ученые, математики, специалисты в междисциплинарных исследованиях, специалисты по теории самоорганизованной критичности поняли, что мы живем совсем в другом, негауссовом, мире.

Вспомните в сказках «Тысяча и одной ночи», там есть джины, дэвы, ифриты, одни по 30 метров высотой, другие по 50, третьи - по сотне. У человека очень мала вероятность, что он кого-то из них встретит, но уж если он встречается такое существо, то это меняет всё. И вот оказалось, что таким образом устроены аварии на ядерных станциях, торнадо, тайфуны, финансовые кризисы, ущерб от утечки конфиденциальной информации, политические ошибки и масса других существенных и важных вещей.

Мы очень любим считать средние значения. Например, среднее число погибших от землетрясений - 60 тысяч в год. Но, вместе с тем, в XX веке была катастрофа - Тяньшаньское землетрясение, при котором погибло более миллиона человека. Мы можем посчитать средний ущерб от ядерной аварии, но один Чернобыль дает больший ущерб, чем все аварии, кроме этой. То есть, происходит именно то, что характерно для восточных

сказок. И оказалось, что масса сложных систем, в том числе, социальных, устроена именно таким образом.

Теперь о простом. О том, как это использовать. Я могу откровенно и честно доложить: в мире это сейчас используется толково, активно и профессионально», - замечает профессор Георгий Малинецкий, отмечая, что «для анализа этих вещей очень активно используются междисциплинарные подходы и, в частности, парадигма хаоса, которая дает удивительные возможности. Например, если мы знаем, что система находится в точке перелома или, как математики говорят, в точке бифуркации, то малые воздействия на нее могут иметь очень большие последствия. В точке бифуркации у системы есть несколько путей развития. Система «выбирает», куда идти дальше. И вот здесь наши малые воздействия могут сыграть ключевую роль.

Сейчас, по-видимому, мир переживает этот самый момент бифуркации. Почему он переживает момент бифуркации? Ну, казалось бы, 500 лет существует капитализм, и все как-то было нормально.

Потому что, во-первых, мы столкнулись с новыми факторами, с глобальным демографическим переходом. К 2020 году примерно 5 млрд. человек будут испытывать острейший дефицит питьевой воды. То есть, войны XXI века будут не за нефть, а скорее всего, за воду», - делает свой вывод профессор Малинецкий.

Как пример, рассмотрим ситуацию в Израиле, где за последние 20 лет под воздействием глобализации в израильской экономике произошли, как пишут исследователи, «тектонические сдвиги», изменившие социальный облик страны. Исходным моментом стало принятие еще в 1985 г. «Стабилизационного плана», снявшего ограничения на валютные операции, создавшего благоприятные условия для иностранных инвестиций и открывшего возможность для израильского бизнеса вкладывать средства за рубежом. Воистину революционными стали 90-е годы, названные эпохой «Больших Денег», которая положила начало крупным израильским состояниям, возникавшим в результате вполне определенных процессов.

Как отмечает в своей статье Исриэль Рискин, это стало следствием:

во-первых, приватизации, тотальной распродажи по дешевке израильским и иностранным инвесторам господствовавших до этого в экономике профсоюзных и государственных концернов и банков, распространившейся даже на кибуцы, служившие моделью равенства и солидарности;

во-вторых, массовой репатриации из СССР (400 тыс. человек), способствовавшей появлению дешевой рабочей силы, экстенсивному экономическому росту и повышению прибыльности любого бизнеса, появлению бума в сфере недвижимости и росту цен на недвижимость, и на землю (сами репатрианты в итоге не смогли воспользоваться плодами экономического подъема);

в-третьих, скачка в развитии наукоемких отраслей (хай-тек), инвестиционный ажиотаж в которых напоминал обстановку эпохи золотой лихорадки на Аляске. Большие состояния стали возникать буквально из ничего. В эпоху расцвета пузыря NASDAQ и выкачивания ресурсов из соцстран, зарубежные и израильские компании приобрели или присоединили

150 компаний в сфере хай-тек в Израиле, а общая сумма сделок составила около 25 млрд. долл.

Одним из результатов этого стало интенсивное проникновение в Израиль иностранного капитала, особенно благоприятные условия для которого были созданы после подписания соглашений в Осло в 1993 г. ТНК и ТНБ буквально открыли для себя израильский рынок. Свои филиалы здесь стали создавать компании Kimberly Clark, Nestlé, Unilever, Procter & Gamble, McDonald, Burger King, British Gas, Volkswagen, банки Citigroup, Lehman Brothers, HSBC, Bank of America, Chase Manhattan. Особенно заметно присутствие американских ТНК в сфере высоких технологий, где общая сумма потраченных ими средств на покупку израильских предприятий составила 42 млрд. долл.

Поддержка оказывалась в первую очередь со стороны американских компаний - Intel, Microsoft, а также SAP, IBM Cisco Systems и Motorola именно в Израиле создали свои первые иностранные центры исследований и разработок. А в 2007 г. финансовый холдинг американского миллиардера Уоррена Баффета купил израильскую компанию Iscar Metalworking за 4 млрд. долл., что стало его первым приобретением за пределами США.

В свою очередь израильский капитал стал активно вкладываться за рубежом в сферы недвижимости, строительства, энергетики, сельского хозяйства, новых технологий. Только в первом квартале 2011 г. объем иностранных инвестиций израильтян увеличился на 5%, составив 11,7 млрд. долл. Всего же, по данным Банка Израиля, объем их иностранных вложений достиг 262 млрд. долл.

Все вышеизложенное позволило Израилю выйти в лидеры мировой инновационной экономики, в том числе в сфере нанотехнологий. Так, например, профессором Михаилом Иоеловичем была создана более восьми лет тому назад первая промышленная технология получения и применения наноцеллюлозы (см., например, патент США № 8.268391/- Biodegradable nano-composition for application of protective coatings unto natural materials).

Наноцеллюлоза — материал, представляющий собой набор наноразмерных волокон целлюлозы с высоким отношением сторон (длины к ширине). Типичная ширина такого волокна — 5-20 нм, а продольный размер варьируется от 10 нм до нескольких микрон. Материал обладает свойством псевдопластичности, т.е. является вязким при обычных условиях и ведёт себя как жидкость при физическом взаимодействии (тряске, взбалтывании и т. п.). Его удивительные свойства позволяют создавать на его основе сверхлёгкие и сверхпрочные материалы, такие, например, как аэрогель.

Прогресс в технологии наноцеллюлозы был достигнут в США, где доктор Малькольм Браун, профессор из Университета Техаса, представил свой революционный способ «выращивания», который, по его мнению, является ни много ни мало «одним из самых важных открытий в биологии растений».

Предметом исследования доктора Брауна было семейство бактерий чайный гриб (Komucha tea), которое способно производить наноцеллюлозу в культурной среде. Но, для производства таким способом в промышленных масштабах, потребовалось бы огромное количество сахара, питательных веществ а также бродильные чаны. Метод же профессора гораздо более эффективен и экологически чист. Единственное, что для него нужно — это вода, солнечный свет и водоросли. Учёный «внедрил» выделенные из ацетобактерий гены в сине-зелёные водоросли, заставив их производить наноцеллюлозу. Потенциально, такой

способ позволит создавать целые органические заводы по производству материала в промышленных масштабах. Появятся фермы, производящие наноцеллюлозу — в больших количествах и недорого. Она может стать сырьём для постоянного производства биотоплива и многих других продуктов. Кроме того, данные водоросли поглощают углекислый газ, связанный с глобальным потеплением.

Тогда станут экономически эффективны новые области применения наноцеллюлозы. Так, благодаря тому, что наноцеллюлоза состоит из плотно упакованного массива игловидных кристаллов, она невероятно прочна. На самом деле, она имеет отношение прочность/вес в 8 раз большее, чем нержавеющая сталь, что позволяет создавать из неё лёгкие и прочные бронжилеты.

Наноцеллюлоза — прозрачный и гибкий материал, поэтому может быть использована как замена пластику или стеклу. Компания Pioneer уже изучает его в своих исследованиях по созданию супертонких и гибких экранов.

Структура наноцеллюлозы напоминает графен, поэтому так же может быть использована для создания разного рода фильтров. Подобные фильтры, возможно, смогут делать морскую воду пригодной для питья или удалять вредные вещества из сигаретного дыма.

Из-за своей лёгкости и прочности, наноцеллюлоза может быть использована для создания пены, которая может выдержать до 10000 больше собственного веса. Которая, как результат, является пористой и суперабсорбирующей. Это можно использовать, например, для создания медицинских повязок.

Новые наноматериалы и технологии создаются учеными все более в результате мультинациональной кооперации. Так, группа исследователей из Дании, Германии и Китая описала процесс создания нового типа подвижного двумерного электронного газа на границе титаната стронция и оксида алюминия - материалов, используемых при создании диэлектрической керамики. Как утверждают ученые, такой газ может быть использован для создания металлических интерфейсов у любых оксидных электронных компонент и даже в квантовых мезоскопических устройствах.

Около двух лет назад группа ученых из Technical University of Denmark (Дания) сообщила об открытии нового типа гетероструктур на основе титаната стронция, которые имеют проводящую поверхность, несмотря на некристаллический приповерхностный слой. Сейчас та же группа сообщила о том, что на поверхности этого слоя эпитаксиально может быть выращен оксид алюминия (один из лучших изоляторов среди известных материалов), а интерфейс между этими двумя материалами может похвастаться наилучшей проводимостью, когда-либо наблюдавшейся у сложных оксидов. По данным ученых зафиксированная ими проводимость в 100 раз превышает значения, наблюдавшиеся ранее для систем, содержащих, помимо титаната стронция, оксиды на основе алюминия и лантана.

На сегодняшний день, помимо ученых из Technical University of Denmark (Дания), исследовательская группа включает в себя коллег из University of Copenhagen (Дания), Leibniz Institute for Solid State and Materials Research (Германия) и Beijing National Laboratory for Condensed Matter Physics (Китай). Рост структуры им удалось осуществить с помощью так называемого импульсного лазерного осаждения. Это один из наиболее популярных методов физического осаждения паров для выращивания оксидных

материалов. Отображение пленки прямо в процессе роста осуществлялось с помощью дифракции быстрых электронов. По данным ученых, высокая подвижность электронов в описанной гетероструктуре определяется в первую очередь идеальным соответствием кристаллических решеток двух соседствующих материалов. Кроме того, в этой области рассеяние электронов на примесях и дефектах решеток оказалось меньше, чем в упоминавшихся выше гетероструктурах, содержащих лантан. Сегодня ученые занимаются улучшением методики производства гетероструктуры и повышением проводимости интерфейса.

Международной группе учёных удалось резко повысить эффективность цветосенсибилизированных солнечных батарей, заменив самую консервативную часть системы — йодсодержащий электролит — на хорошо известный комплекс кобальта с органическим лигандом. К сожалению, фотовольтаика продолжает оставаться дорогой технологией. Более или менее дешёвой альтернативой традиционным полупроводниковым солнечным батареям являются цветосенсибилизированные солнечные батареи, или ячейки Гретцеля.

Исследователям из университета Монаша (Австралия) и их коллегам из Ульмского университета (Германия) удалось значительно увеличить эффективность цветосенсибилизированной солнечной батареи р-типа, использующей электролит на основе комплекса кобальта с органическим лигандом. Обычная цветосенсибилизированная солнечная батарея n-типа использует краситель и фотоанод - суть положительный электрод, покрытый полупроводником электронного типа, таким как диоксид титана. Под лучами солнца молекулы красителя переходят в возбуждённое состояние и передают электроны с валентного НОМО-уровня полупроводнику. Молекулы электролита, свободно двигающиеся в этой системе между отдельными её участниками, восстанавливают краситель, передавая ему электроны с противоположного электрода. В случае же ячейки р-типа процесс протекает как бы в противоположную сторону: специальный краситель и полупроводник р-типа находятся теперь на фотокатоде. Активируемый светом краситель стягивает электроны с валентного уровня полупроводника р-типа, такого как оксид никеля, на свой самый нижний незанятый молекулярный уровень LUMO. Затем молекулы электролита забирают лишние электроны с красителя и передают их противоположному электроду.

Исследователи довели конверсию солнечного света в ячейке р-типа до рекордного значения 1,3% при напряжении в разомкнутой цепи до 709 мВ. Они добились этого за счет замены традиционного электролита на основе йодидов и трийодидов на хорошо известный комплекс кобальта трис (этилендиамин) кобальт (II)/(III), в котором кобальт может переключаться между состояниями окисления +2 и +3. Основным достоинством такой системы назван значительно более низкий окислительно-восстановительный потенциал. В результате напряжение в разомкнутой цепи, представляющее собой критический параметр любой солнечной батареи, удвоилось.

Ученые из Бар-Иланского университета (Израиль) разработали нанопокрывание для больничных простыней и халатов, при соприкосновении с которыми гибнут бактерии, устойчивые к антибиотикам. Антибактериальное покрытие для ткани появилось в результате работы над проектом по созданию «невонючих» армейских носков. По словам профессора Аарона Геданкена, чудо-носки пока не созданы, однако, использовавшаяся при их разработке идея пригодилась для создания антибактериального покрытия для тканей. Достоинством этой разработки является то, что покрытие из наночастиц может наноситься

на любую тканевую поверхность. При этом простыня с покрытием ни внешне, ни на ощупь не будет отличаться от обычной простыни. Технология была опробована на текстильных предприятиях Румынии и Италии. А результаты проведенных опытов свидетельствуют: в результате соприкосновения с тканью выживают лишь 1 из 100 тысяч микробов. По словам ученых, ткань сохраняет свои свойства после 65 стирок при температуре 95 градусов. Супербактерии являются бедой современных больниц. Ежегодно они уносят жизни сотни тысяч пациентов. Против них не помогают ни обычные средства гигиены, ни дезинфекция. Согласно отчету Минздрава, только в 2010 году в израильских больницах было зарегистрировано 3700 случаев заражения крови в результате осложнений, вызванных так называемыми супербактериями. Согласно медицинской статистике, в 40% случаев подобное заражение заканчивается летальным исходом. Это означает что только в 2010 году супербактерии убили около 1500 израильтян, на 7% больше, чем в 2009 году. Ранее израильская компания «Polymate» разработала антибактериальное покрытие, предназначенное для защиты стен и полов больниц и тюрем, которое показало свою высокую эффективность к бактериям, вирусам и грибкам.

Ученые из Португалии сконструировали новый реактор, позволяющий осуществлять джоулевый (омический) нагрев органических синтезов, протекающих в водной суспензии реакторов. Для доказательства возможностей нового типа реактора исследователи из группы Артура Сильво (Artur Silva) из Университета Авеиро использовали реактор джоулевого нагревания для проведения четырех реакций: циклоприсоединения Дильса-Альдера, нуклеофильного замещения, N-алкилирования и кросс-сочетания по Сузуки. Для контроля эти же реакции были проведены в условиях нагревания на парафиновой бане и микроволнового облучения. Было установлено, что для реакции Дильса-Альдера и сочетания Сузуки джоулево нагревание позволяет получить более высокие выходы продуктов, чем при обычном или микроволновом нагревании. Для реакции нуклеофильного замещения и N-алкилирования выходы целевых продуктов были примерно равны для всех способов нагревания, однако, омический нагрев позволяет проводить реакцию за меньшее время. Джеймс Марк (James Mark), эксперт по зеленым органическим реакциям из Университета Цинцинати отмечает, что результаты работ португальских коллег можно рассматривать как решение одной из важных проблем в области органических реакций, осуществляющихся в воде.

Химики Университета штата Огайо, вместо создания графена из атомов углерода, использовали германий и формировали из него слои толщиной в один атом, создав вещество, известное как германен (germanene). Из-за его многочисленных преимуществ по сравнению с кремнием, он может стать лучшим материалов для полупроводников. Германий был использован для создания первого экспериментального микрочипа более 60 лет назад.

Доцент кафедры химии Университета штата Огайо Джошуа Гольдбергер подумал, что он все еще может обновить графен. «Большинство людей думают о графене как об электроном материале будущего, - сказал он. Но кремний и германий по-прежнему являются материалами настоящего. Шестьдесят лет потребовалось интеллектуальной элите для разработки методов, чтобы делать их чипы. Поэтому мы искали уникальную форму кремния и германия с выгодными свойствами, чтобы получить преимущества нового материала, но с меньшими затратами и с использованием существующих технологий». Полученный материал должен проводить электроны в десять раз быстрее, чем кремний и в пять раз быстрее, чем германий, что означает, что он может нести нагрузку пропорционально выше, если используемые материалы в микросхемах. Также он

более химически устойчив, чем кремний, не окисляется в воде или воздухе, плюс он гораздо лучше поглощает и излучает свет – это означает, что он может оказаться особенно полезным в солнечных элементах.

Большой объем перспективных исследований ведется в национальной нанотехнологической лаборатории открытого типа Казахского национального университета им. Аль-Фараби, созданной Александром Рягузовым. Так, под руководством профессора Ф. М. Ильина ведутся работы по получению и исследованию углеродных наноструктур (графен, графан). Однослойный и так называемый «few-layer» графен получают на диэлектрических и металлических подложках различными технологиями: механическое отщепление пиролитического графита HOPG (метод Гейма и Новоселова), диффузионная технология и CVD метод с использованием бензола. Кроме того, данной исследовательской группой был разработан альтернативный метод определения количества слоев графена с помощью сканирующего микроскопа.

Известно, что существует несколько особенностей, которые затрудняют применение графена и его родственных структур. В частности, химическая инертность поверхности, скольжение слоев графена между собой и отсутствие запрещенной зоны в энергетическом спектре. Поэтому сейчас во всем мире ученые разрабатывают различные методы функционализации графена и способы контроля его свойств. Группой под руководством профессора Ильина ведется теоретическое (компьютерное моделирование) и экспериментальное изучение мостиковых радиационных дефектов в малослойном графене, которые устраняют скольжение и тем самым откроют возможность создания новых перспективных композиционных материалов с наполнителями из углеродных слоистых наноструктур.

Под руководством профессора Абдуллина Х. А. проводятся исследования и разработка технологий получения наноструктурированных материалов на основе полупроводников АІІІІV. Гидротермальным и золь-гель методами проводится синтез полупроводниковых материалов ZnO, ZnS, и CdS. Путем осуществления синтеза в водной среде с использованием солей цинка и кадмия получены образцы с широким диапазоном морфологии структуры. Помимо этого получены массивы упорядоченных наностержней ZnO на кремниевой подложке CVD методом. Проведение данных исследований важно для применения наноструктурированных материалов в фотовольтаике, сенсорике и оптоэлектронике.

Под руководством профессора Приходько О. Ю. проводятся исследования атомной структуры и электронных свойств наноструктурированных материалов на основе аморфных гидrogenизированных углеродных конденсированных сред, модифицированными нанокластерами металлов. В лаборатории разработаны технологии по получению изолированных нанокластеров серебра диаметром от 3 до 8 нм в аморфной углеродной матрице методом ионно-плазменного распыления комбинированной мишени. Полученные модифицированные углеродные пленки обладают перкаляционным механизмом проводимости, т.е. в узком диапазоне концентрации нанокластеров серебра проводимость пленок меняется от 10^{-13} (Ом×см)⁻¹ до 10^2 (Ом×см)⁻¹. Помимо этого наблюдается плазменный резонанс поглощения на длине волны 420 нм. Получаемые таким образом наноструктурированные материалы обладают уникальными физико-химическими свойствами, которые не могут быть реализованы в однородных средах. В лаборатории продолжаются работы по изучению и исследованию модифицированных некарбидообразующих металлических изолированных нанокластеров в аморфной

углеродной матрице и выявление уникальных свойств, которые могут быть применены в создании электротехнических и оптических устройствах.

В декабре 2012 группа израильских ученых посетила Казахстан. Она выявила достаточный научный потенциал исследований по нанотехнологиям в ведущих университетах Казахстана, что и позволило представить программу «Казахская национальная нанотехнологическая инициатива», которая обеспечит для республики опережающее развитие промышленных нанотехнологий. В рамках этого проекта Казахстан постарается не повторять ошибки России.

Счетная палата России нашла значительные нарушения в работе компании РОСНАНО, сообщил на пресс-конференции аудитор Счетной палаты Сергей Агапцов. «Большая проверка, объем средств колоссальнейший, объем работ колоссальнейший. Работу мы на этой неделе завершаем и даем акт на подписание, затем рассмотрим на коллегии. Объем нарушений значительный, мягко говоря», - сказал он.

Ранее депутаты государственной Думы отмечали, что из 36,3 млрд. рублей, инвестированных РОСНАНО в 61 проект в 2011 году, на ее собственные средства пришлось всего 0,17%. Все остальные инвестиции - это заемные средства, полученные от размещения облигационных займов и от банков, предоставивших РОСНАНО кредиты под госгарантии.

«За тот же период на депозитных счетах РОСНАНО размещено 29,4 млрд. рублей, - подсчитали депутаты, - а на выплату процентов по долговым обязательствам только в период с 11 марта по 31 декабря 2011 года компания потратила 4,1 млрд».

Само РОСНАНО заявило в апреле, что готовится списать 21,8 млрд. рублей. Тем самым РОСНАНО застраховалась от неудачных инвестиций. Среди проектов, которые не принесли ей успеха - пластиковый планшетник, его Чубайс еще в 2011 году презентовал Владимиру Путину.

Но не только само выступление аудитора Сергея Агапцова, ставшее анонсом к обнародованию результатов аудита по РОСНАНО, бросило тень на Чубайса, но еще и реакция федерального телевидения. «Провальные проекты РОСНАНО» - с таким заголовком вышел на телеканале Россия-1 соответствующий сюжет в программе «Вести недели». В репортаже журналисты привели мнение депутата Госдумы от КПРФ - именно эта партия в конце 2012 года стала инициатором проверки СП. «Эффективность их работы заключается в простом - они изобретают те вещи, которые еще были в Советском Союзе запатентованы в 1961 году. Например, некий порошок. Они хотят вложить десять миллиардов, хотя патент был еще в 1961 году зарегистрирован учеными. В США существуют тридцать заводов, которые выпускают этот порошок. Зачем он нам нужен, совсем непонятно», - заявил «Вестям недели» депутат Алексей Журавлев.

"Почему –то раньше без РОСНАНО и Сколково в России была наука... Еще существует большое число научных институтов, да и кадры для них найти можно – если привлечь хорошей зарплатой. Более того, деньги ведь тоже есть. Нашли же 130 миллиардов на РОСНАНО. Однако почему-то опять не получается. Вывод напрашивается сам собой – во всем виноват Чубайс», - язвит Business FM.

А вот я так не думаю. Да, институтов-то много, а вот кадров для них нет, лучшие и наиболее активные уже за рубежом. И никакой программы их возвращения, как, например, в Китае, нет. Академик Жорес Алферов считает, что в условиях жесточайшей международной конкуренции за рынки сбыта, в том числе и российские, мы можем выигрывать, только создавая принципиально новые технологии на основе отечественных научных разработок, и, безусловно, лаборатории РАН являются самыми эффективными для их проведения.

Вряд ли с этим выводом можно полностью согласиться, так как весь опыт развития науки за рубежом говорит о приоритетном развитии науки только в университетах. Вот и по мнению министра науки РФ Дмитрия Ливанова «такая форма организации науки как РАН в XXI веке бесперспективна и она не будет жить, она нежизнеспособна». Жаль только, что дискуссии о формах организации науки в России уводят нас от реальных проблем, и в частности в области нанотехнологий. Так что, пока хаос, и надежда, что только хаос и спасет Россию.