

Научно-просветительский журнал

NBICS

(нано, био, инфо, когно, социо)

Наука. Технологии.



№ 2 2017 (2)

Редакционный совет

Главный редактор



Кривчовский Герман Евсеевич, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, вице-президент Нанотехнологического общества России, заведующий кафедрой МГУТУ. Научные интересы: фотоника окрашенных веществ, медтекстиль, химия и физико-химия производства волокон и текстиля, диффузионно-сорбционные явления, гетерогенная химическая кинетика.

Заместители главного редактора



Шахраман'ян Михаил Андраникович, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Почетный строитель России, академик РАЕН, член Экспертной Коллегии инновационного центра Сколково, эксперт Российского фонда фундаментальных исследований. Научные интересы: архитектура и строительство, математическое моделирование, педагогика, дистанционное зондирование Земли из космоса.



Андреюк Денис Сергеевич, кандидат биологических наук, исполнительный вице-президент Нанотехнологического общества России, доцент Экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Научные интересы: эволюционные процессы в экономических и социальных системах, поиск и анализ аналогий в принципах управления между живыми организмами и социальными группами.

Ответственный секретарь



Гумаров Валерий Александрович, редактор портала Нанотехнологического общества России.

Члены редакционного совета:



Аршинов Владимир Иванович, доктор философских наук, профессор, главный научный сотрудник Института философии РАН, руководитель направления «Философские проблемы науки и техники» в Институте философии РАН. Научные интересы: исследования в области философских проблем междисциплинарности, трансдисциплинарности, процессов конвергенции в сфере высоких технологий.



Берлин Александр Александрович, доктор химических наук, профессор, академик РАН, директор Института химической физики им. Н.Н. Семенова. Научные интересы: физика и химия высокомолекулярных соединений и композиционных материалов.



Буданов Владимир Григорьевич доктор философских наук, кандидат физико-математических наук, главный научный сотрудник, руководитель сектора Междисциплинарных проблем научно-технического развития Института философии РАН. Член диссертационных советов в ИФ РАН и МГУ, эксперт РАН, РНФ, РФФИ. Научные интересы: философия науки, теория сложности и синергетика, междисциплинарные исследования, моделирование социальной реальности, антропологические риски NBICS-технологий.



Быков Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор, президент Нанотехнологического общества России, Почетный президент «НТ-МДТ Спектрум Инструментс». Научные интересы: нанотехнологии, молекулярные технологии, жидкие кристаллы, приборостроение для нанотехнологии и метрологии.



Быков Евгений Михайлович, соискатель степени PhD HSE в Школе философии Факультета гуманитарных наук Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», ассоциированный член Лаборатории исследования компьютерных игр (ЛИКИ) при Центре медиафилософии СПбГУ. Научные интересы: методология науки, акторно-сетевая теория, философская антропология, трансгуманизм, NBIC конвергенция технологий, нейрофеноменология, расширенное познание.



Гудилин Евгений Алексеевич, доктор химических наук, профессор, член-корреспондент РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова, заместитель декана Факультета наук о материалах МГУ, заведующий Кафедрой наноматериалов Факультета наук о материалах, заместитель директора НОЦ МГУ. Научные интересы: высокотемпературные сверхпроводники, материалы с колоссальным магнитным сопротивлением (КМС), наноматериалы.



Гусев Борис Владимирович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, президент Российской инженерной академии, президент Российского Союза общественных академий наук. Научные интересы: прочность материалов, оптимизация технических решений и технологий создания новых материалов, строительное материаловедение и технология строительных материалов.



Дубровский Давид Израилевич, доктор философских наук, профессор, главный научный сотрудник Сектора теории познания Института философии РАН, профессор Философского факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, сопредседатель Научного совета РАН по методологии искусственного интеллекта. Научные интересы: проблемы «сознание и мозг», методологические вопросы развития информационных и когнитивных технологий.



Койфман Оскар Иосифович, доктор химических наук, профессор, член-корреспондент РАН, президент Ивановского государственного химико-технологического университета, председатель Экспертного совета по органической химии ВАК. Научные интересы: синтез, исследования физико-химических свойств и применения макрогетероциклических соединений и их металлокомплексов.



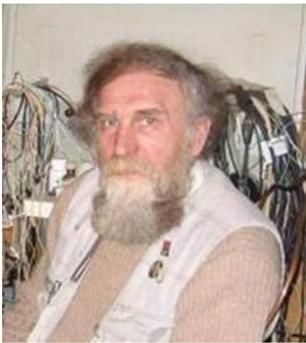
Кривчицкий Сергей Владимирович, доктор философских наук, кандидат технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова РАН, космонавт-испытатель. Научные интересы: аэрокосмическая деятельность, история и философия техники, «зеленые» технологии, эволюция технологий и техносферы, космическое будущее человека и человечества.



Куринный Александр Николаевич, создатель и руководитель проекта NanoNewsNet.ru, член Центрального правления Нанотехнологического общества России. Сфера интересов: популяризация знаний в области нано- био- инфо- когно- науки, технологий, индустрии, информационно-аналитическая и просветительская деятельность в области высоких технологий.



Лютомский Николай Вадимович, архитектор, лауреат Государственной премии РФ, лауреат премий Москвы 1999 и 2007 годов, творческий руководитель компании «Архитектурное бюро ЭЛИС».



Ордин Станислав Владимирович, старший научный сотрудник ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, Заслуженный изобретатель СССР. Научные интересы: физика твердого тела.



Фиговский Олег Львович, директор по науке и развитию INRC Polymate (Israel) и Nanotech Industries, Inc. (CA, USA), академик Европейской Академии Наук, президент Израильской Ассоциации Изобретателей. Научные интересы: нанокompозиты на основе полимерных, силикатных и металлических матриц, экологически безопасные материалы на основе наноструктур.



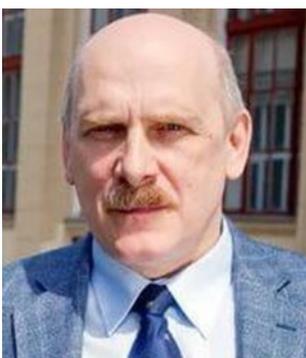
Чеклецов Вадим Викторович, кандидат философских наук, со-основатель, исполнительный директор Российского IoT-центра (Russian Research Center on the Internet of Things).



Швец Виталий Иванович, доктор химических наук, профессор, академик РАН и РАМН, профессор Кафедры биотехнологии и промышленной фармации Института тонких химических технологий Московского технологического университета. Научные интересы: физиологические и фармакологические свойства биологически активных соединений, получение диагностических и лекарственных препаратов с помощью нанобиотехнологических приемов, формирования эффективной системы подготовки современных кадров в этой области.



Юртов Евгений Васильевич, доктор химических наук, профессор, член-корреспондент РАН, и.о. ректора Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, заведующий кафедрой «Нанотехнологии и наноматериалы». Научные интересы: разработка и исследование свойств наноматериалов и наноструктур, физико-химия экстракционных систем.



Яминский Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, генеральный директор Центра перспективных технологий Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Научные интересы: аналитическая бионаноскопия, наноскопия полимерных материалов, разработка инструментария для наноскопии, обучение в области нанотехнологии и наноскопии.

Художник



Екатерина Никифорова.

Контакты:

Главный редактор Герман Кричевский gek20003@gmail.com, т. 8-910-415-08-50
Заместитель главного редактора Денис Андреюк denis.s.andreyuk@yandex.ru
Ответственный секретарь Валерий Гумаров aguma@rambler.ru

Редакция журнала не всегда разделяет высказанные на страницах журнала авторами публикаций мнения, позиции, положения, точки зрения на происходящие в России и в мире процессы и события. Публикация спорных, дискуссионных и иных противоречивых авторских точек зрения означает отсутствие со стороны редакционной коллегии и редакционного совета журнала, официальных государственных органов власти Российской Федерации и иных структур, организаций и учреждений каких-либо форм и видов цензуры и ограничений.

Редакция журнала не несет ответственности за полноту содержания и достоверность информации, материалов. Авторы несут персональную ответственность за содержание своих материалов, точность перевода, цитирования и библиографической информации.

Редакция журнала не несет ответственности за содержание и точность любых приводимых цифровых, иллюстративных, цитируемых материалов в публикациях авторов журнала. Данную ответственность несут исключительно авторы тех публикаций, в тексте которых соответствующие материалы содержатся.

Редакция журнала не несет ответственности за высказанные авторами публикаций точки зрения на происходящие в России и в мире политические процессы, события, явления. Редакция журнала не уполномочена и не в праве определять, какие из происходящих в политическом пространстве России и мира событий имеют положительный или отрицательный, правомочный или иной характер, не несет ответственности за высказанные в рамках публикаций их авторами оценочные суждения в данном вопросе.

Редакция журнала размещает и публикует материалы, которые в основе своей не противоречат Международному праву, национальным законодательствам тех стран, из которых происходят авторы публикаций, но при этом не берет на себя обязанности по установлению фактов соответствия/несоответствия данных материалов. Ответственность за любые подобные соответствия несут исключительно авторы публикуемых материалов;

Редакция журнала не несет ответственности за размещаемые в сети Интернет или на любых иных средствах передачи информации и информационных носителях без ее ведома и письменного согласия материалы, имеющие указание на отношение к научно-просветительскому журналу «НБИКС-Наука.Технологии».

Научно-просветительский журнал «НБИКС-Наука.Технологии» рекомендован к ознакомлению читателям и пользователям интернета, начиная с возрастной категории от 6 лет.

Журнал поддерживают и с ним сотрудничают:



Нанотехнологическое общество
России



Компания «НТ-МДТ Спектрум
Инструментс»



Российское on-line издание
NanoNewsNet



Нанотехнологическое сообщество
«Нанометр»



Российская инженерная академия



Российский союз научных и
инженерных общественных
организаций



Международный союз научных и
инженерных общественных
объединений



Типография «Паблит»



ИНСТИТУТ
ФИЛОСОФИИ
РАН

Научный совет РАН по методологии
искусственного интеллекта



Центр Молодежного
Инновационного Творчества
«Нанотехнологии»



Центр перспективных технологий

Редакционные материалы

12 Колонка главного редактора

13 Редакционная колонка

14 Итоги заседания редакционного совета

События

17 Всемирный День Науки

19 Юбилей профессора Германа Кричевского

Наука

24 NBICS-конвергенция технологий: исторический обзор. Часть I: 2007 – 2013 гг.
Быков Е.М.

37 НБИКС-конвергенция: некоторые теоретические и методологические вопросы
Дубровский Д.И.

46 Социо-антропологический форсайт и конвергентные технологии
Буданов В.Г.

60 Структурная (безпигментная) окраска
Кричевский Г.Е.

90 Проблемы катализа и нанотехнологии
Исаева В.И., Кустов Л.М.

106 Связь биотехнологий с областями биомедицинских технических систем
Ершов Ю.А.

124 Физика полёта и новые типы летательных устройств
Ордин С.В.

135 НБИКС и информационное 3-D моделирование как технологические платформы архитектурно-строительного комплекса: настоящее и будущее
Шахраманьян М.А.

150 Метрология и НБИКС – что это? И зачем все это России?
Быков В.А.

169 Роль современной электронной микроскопии в изучении живой природы
Ахметова А.И., Мешков Г.Б., Яминский И.В.

174 К вопросу о причинно-следственных взаимоотношениях, определяющих прочность адгезионных связей. Ответ академику Берлину А.А.
Фиговский О.Л., Кудрявцев П.Г.

186 Адгезия и адгезионная механика
Турусов Р.А.

207 Высокие технологии: сегодня и завтра
Потапов А.А.

223 Краткие сведения о библиографии, наукометрии и различных индексах
Романенко В.Н. Никитина Г.В.

Образование

256 Проектная деятельность и её реализация в образовательных учреждениях: обзор на основе опыта применения в рамках мыследеятельностной педагогики
Рязанов И.А., Шаров М.О.

273 Проектная деятельность у школьников и студентов как инструмент формирования навыков для самообразования
Новичков И.А., Романченко А.С., Набиева Н.Р.

297 Можно ли сделать архитектуру инструментом образования?
Лютотский Н.В.

Просветительство

307 Про популяризацию высоких технологий и не только
Гумаров В.А.

322 Китай – понять и принять инновации (Взаимодействие Китая и Израиля)
Фиговский О.Л.

Эмоции

340 Когда пасмурно – грустно
Ордин С.В.

343 Законы Мэрфи в картинках
Никифорова Е.

Колонка главного редактора

Дорогие, многоуважаемые читатели нашего журнала. Перед вами второй номер журнала «НБИКС-Наука.Технологии», и мы всю готовим третий.

Первый номер почитали, прочитали, полистали более двух тысяч любознательных людей. Мы не знаем, кто вы, но мы уже любим, уважаем вас и очень хотим, чтобы наш журнал был интересным и полезным людям разного возраста, от старшеклассников до пенсионеров, специалистам различных направлений науки и техники. Мы мечтаем заинтересовать и привлечь в журнал молодых любознательных юношей и девушек не только в качестве читателей, но и писателей.

Мы очень довольны, что сдюжили первый номер нашего журнала. Это было трудно, но никто и не обещал, что будет легко. Но у нас ряд претензий к самим себе и главная из них следующая.

С самого начала мы поставили задачу – лейтмотивом всех текстов должны стать интеграл, взаимосвязь, взаимопроникновение Всего во Все, Взаимодействие Всего со Всем, как это очень ярко проявляется в законах живой и неживой природы. Законы эти и закономерности существуют вне нашего сознания, а человек их только открывает, обнаруживает, устанавливает и по возможности использует во благо, а часто и не только.

А наука и техника, напротив, все в большей степени специализируются. В каждой фундаментальной науке (физике, химии, математике, биологии) появляются многочисленные более узкие направления. То же в технике и инженерии. Очень часто специалисты в областях физики, химии, математики, биологии не могут найти общего языка, у них и терминология различается. Это отражается (особенно в России) в существовании и названии разных институтов, отделений, например, в структуре РАН (все разделено на научные клеточки), министерств, кафедр и т.д. Да и наше Нанотехнологическое общество – не исключение.

В медицине тоже давно произошла узкая специализация, и только врач-терапевт должен знать и понимать организм человека целиком. В науке и технике универсалов, энциклопедистов очень мало, их не готовят в университетах. Да их не подготовишь, это качество мышления.

Наш журнал не претендует на универсальность терапевта, но призывает авторов через статьи показывать и доказывать читателям вышеупомянутую связь Всего со Всем. Это отражено на лицевой обложке журнала в терминологиях.

Так вот, удалось ли полностью выполнить в первом номере эту задачу, во всех статьях показать связь специальных разделов науки и техники между собой и с НБИКС-технологиями?

В полной мере, конечно, нет. Это сверхзадача, и она требует для реализации от каждого автора перехода на другой уровень мышления. Это значит выйти из капсулы, кокона своей специальности на простор, в очень беспокойные волны междисциплинарности, в рискованное плавание глобализован-

ных и конвергируемых областей науки и техники. Но если такую сверхзадачу ставить, то можно с каждым шагом (номером журнала) к ней приближаться.

Приглашаю всех членов редсовета, писателей и читателей журнала поработать над решением этой задачи.

До встречи в следующем номере журнала. Мы очень хотим обратной связи и взаимности.

*Главный редактор журнала НБИКС-НТ
Герман Кричевский*

Редакционная колонка

Уважаемые коллеги!

В проекте с условным названием «Журнал НБИКС-НТ» участвуют очень разные люди. Диапазон возрастов в команде от 20 до 85 лет, есть студенты и есть академики, есть действующие ученые – сотрудники научных организаций, и есть люди, не имеющие степеней и званий и не принадлежащие к науке с формально-организационной точки зрения. Объединяет нас всех общая шкала ценностей. Мы все согласны, что интеллект – это огромная ценность. Мы хотим дать трибуну, площадку для выражения своих мыслей тем людям, которым есть что сказать про науку и для науки. И мы хотим сделать мир лучше.

Поэтому совсем не удивительно, что в редакционном совете возникла идея сделать специальную подборку статей, связанных с образованием. С одной стороны, это кажется очевидным – они же всегда рядом, наука и образование! С другой стороны объективно это очень разные профессии – исследовать Природу, открывая неизвестные доселе закономерности, и учить молодежь, формируя в головах наших последователей картину мира, которая нам самим сегодня кажется «правильной». В первом случае результат своей работы можно предъявить (и проверить) сейчас, во втором – лишь по прошествии десятилетий.

В этом номере вниманию читателей предлагаются две статьи из мира образования. Статья «Проектная деятельность у школьников и студентов как инструмент формирования навыков для самообразования» написана коллективом молодых авторов (Новичков и др.), которые на момент написания статьи были студентами Экономического факультета МГУ. Материал изначально был подготовлен в качестве обоснования для запуска социально-значимого образовательного проекта по оптимизации карьерных траекторий для молодежи. Представленная в номере редакция статьи – это существенно переработанная авторами подборка литературы, мини-обзор про то, что вообще люди делали и писали в направлении проектной деятельности школьников. Словосочетание «проектная деятельность школьников» была задана «сверху»: студентов уверили, что проектный подход – это действенный способ сделать школьника эффективным в решении любой практической задачи.

В противоположность, авторы статьи «Проектная деятельность и ее реализация в образовательных учреждениях: обзор на основе опыта применения в рамках мыследеятельностной педагогики» (Рязанов, Шаров) о проектной деятельности знают не понаслышке. Это действующие педагоги, которые имеют за плечами богатый опыт работы со школьниками и работают с детскими научно-технологическими проектными командами в настоящее время.

Эти две работы создают интересный прецедент научных публикаций в заведомо неоднозначной с точки зрения «научности» области педагогики. Хотелось бы в следующих номерах видеть развитие этой рубрики в виде работ от школьных преподавателей, работ самих школьников и студентов (которые пока не могут быть представлены как самостоятельные научные работы на уровне «взрослых» ученых в соответствующих профильных дисциплинах, но ценны как учебный опыт). Другими словами, эта рубрика задумана как «полигон», площадка, где можно обсуждать, показывать, задавать вопросы по любым темам, которые помогают учить. Помогают развивать интеллект и способствуют тому, что через 20-30-50 лет будут люди, которые также как мы – редакционная группа журнала «НБИКС-НТ» – будут готовы сделать журнал для умных людей. Не для отчетности, не для индексов, а чтобы интеллектуально-развитым людям было интересно его читать. Чтобы в мире становилось больше людей, которые умны и счастливы одновременно.

*Заместитель главного редактора,
кандидат биологических наук Андреюк Д.С.*

Итоги заседания редакционного совета

13 сентября 2017 года прошло заседание редсовета журнала со следующей повесткой:

- выход первого номера в электронной и бумажной форме и оценка их содержания и дизайна;
- о подготовке второго номера и обсуждение его статей;
- о повышении активности членов редсовета и распределения обязанностей между ними;
- обсуждение принципов редакционной политики;
- об обратной связи журнала с читателями.

По вопросам повестки совещания выступил главный редактор журнала профессор Герман Кричевский, который доложил присутствующим о выходе первого номера журнала, подготовке к выходу второго номера и об организации работы журнала на перспективу, после чего прошло активное обсуждение вопросов развития журнала.

В ходе обсуждения было рекомендовано обратить большее внимание на молодежную часть читателей и авторов, сделать фокусирование на просветительской роли журнала, его доступности без потери содержательности и конвергентного характера.

В частности, президент Нанотехнологического общества России, почетный президент «НТ-МДТ Спектрум Инструментс» Виктор Быков поделился опытом работы с образовательным центром «Сириус» в Сочи и предложил использовать создаваемую сеть региональных представительств «Сириуса» и аналогичных структур работы со школьниками для расширения числа подписчиков журнала.

Профессор Михаил Шахраманьян, заместитель главного редактора журнала «НБИКС-НТ», рассказал об опыте обучения учителей предметов естественно-научного цикла, педагогов дополнительного образования НБИКС-технологиям в сочетании с технологиями 3-D моделирования в рамках системы повышения квалификации учителей на базе Московского педагогического государственного университета.

Заместитель главного редактора журнала «НБИКС-НТ», исполнительный вице-президент Нанотехнологического общества России, Денис Андреюк поделился своим видением работы журнала в плане его самоокупаемости и рассказал о технических и финансовых возможностях поддержки со стороны НОР издания журнала «НБИКС-НТ», включая возможность публикации в журнале статей на английском и китайском языках.

Профессор Владимир Аршинов заострил внимание участников совещания на необходимости развития социальной составляющей НБИКС-технологий в сторону обращения их достижений на человека посредством осмысления и доведения до самого широкого круга читателей журнала современных философских течений, которые занимаются вопросами управления общественным человеческим сознанием.

Его коллега, доктор философских наук, Владимир Буданов, уточнил, что возможности управления общественным сознанием могут быть использованы, как во благо всех, так и в угоду отдельных категорий человеческого общества, и стоит быть очень внимательным к публикациям в журнале, чтобы не перейти грань между добром и злом, между разумом и глупостью.

Академик Александр Берлин акцентировал внимание членов редсовета на необходимость дифференциации читателей на профессионалов и любителей и возможность рубрикации журнала в соответствии уровнем восприятия публикуемых статей.

Профессор Наталия Олтаржевская, обратила внимание участников совещания на необходимость издания печатной версии журнала, как элемента презентации журнала во время проведения конференций, симпозиумов и прочих научных мероприятий.

В завершение совещания главный редактор журнала «НБИКС-Наука.Технологии» профессор Герман Кричевский поблагодарил всех участников за конструктивные предложения по работе журнала и высказал пожелание создать «Клуб друзей журнала НБИКС-Наука.Технологии», на базе которого будут проводиться лекции, семинары, круглые столы и другие мероприятия научно-просветительского характера.

События



**Всемирный день науки
за мир и развитие**

10 ноября

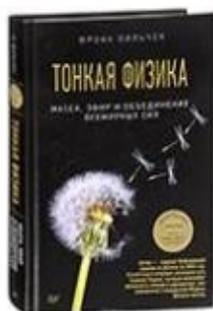
Всемирный день науки

Каждый год, **10 ноября**, весь цивилизованный мир отмечает Всемирный день науки во имя мира и развития или по-простому **День Науки** – праздничную дату, учрежденную ЮНЕСКО в 2001 году. К этой дате приурочиваются дни открытых дверей в учебных заведениях, экскурсии в технические музеи, посещение выставок научной тематики, проведение научных семинаров различных уровней.

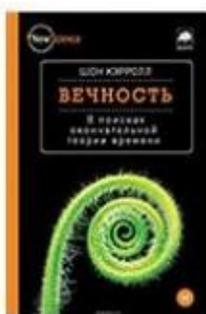


Редакция журнала «НБИКС-Наука.Техноогии» по случаю Дня Науки предлагает вниманию читателей подборку научно-популярной литературы от интернет-магазина OZON.ru

Для ценителей физики



Тонкая физика. Масса, эфир и объединение всемирных сил
Фрэнк Вильчек



Вечность. В поисках окончательной теории времени
Шон Кэрролл



Физика невозможного
Митио Каку



Структура реальности. Наука параллельных вселенных
Дэвид Дойч

Для любителей астрономии



Одиноки ли мы во Вселенной? Ведущие ученые мира о поисках инопланетной жизни



Руководство астронавта по жизни на Земле. Чему научили меня 4000 часов на орбите
Крис Хэдфилд



Краткая история времени
Стивен Хокинг

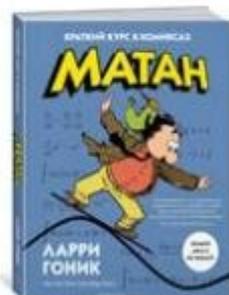


Черные дыры и молодые вселенные
Стивен Хокинг

Для почитателей математики



Апология математики
Владимир Успенский



Матан. Краткий курс в комиксах
Ларри Гоник



Величайшие математические задачи
Иэн Стюарт



Удовольствие от х. Увлекательная экскурсия в мир математики от одного из лучших преподавателей в мире

В этом мире случайностей мы ищем закономерности и, как ни странно, иногда их находим. Поиск этот называется наукой.

Юбилей профессора Германа Кричевского

8 октября 2017 года исполнилось 85 лет со дня рождения и 60 лет производственной и научно-педагогической деятельности вице-президента Нанотехнологического общества России, главного редактора журнала «НБИКС-Наука.Технологии» **ГЕРМАНА ЕВСЕЕВИЧА КРИЧЕВСКОГО**.

С именем доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, эксперта ЮНЕСКО, академика Российской и Международной инженерной академии, президента Российского Союза Химиков-текстильщиков и колористов, главного редактора журнала «НБИКС-Наука.Технологии», члена центрального правления Нанотехнологического общества России, члена международных научных организаций Германа Евсеевича Кричевского связана целая эпоха в развитии текстильной химии.

Герман Евсеевич окончил Московский технологический институт (МТИ) в 1956 году. После окончания МТИ будущий профессор был направлен на работу на шелкоотделочную фабрику им. Я.М. Свердлова. В первый год своей работы на фабрике молодой специалист спроектировал, организовал и запустил в работу первую в Советском Союзе механизированную автоматизированную химическую станцию приготовления и дозированной подачи красителей и химикатов.

В 1958 году по приглашению профессора Ф.И. Садова Герман Кричевский поступает в аспирантуру МТИ, где защищает кандидатскую диссертацию по проблемам теории и практики применения активных красителей. С тех пор эта проблематика становится одной из главных тем работ профессора Кричевского, сфера научных интересов которого охватывает диффузионно-сорбционные явления, гетерогенную химическую кинетику, фотонику окрашенных веществ, химию и физико-химию производства волокон и текстиля, мед-текстиль.

После окончания аспирантуры Герман Кричевский остался преподавать в МТИ на родной кафедре, где прошел путь от ассистента до профессора и заведующего одной из ведущих кафедр МТИ, создал и возглавил одну из самых больших отраслевых лабораторий Министерства легкой промышленности СССР, организовал два филиала кафедры: одну на производстве (1-ая Московская ситценабивная фабрика), а другую в НИИ (институт шерсти). В 1974 году Герман Евсеевич стал доктором технических наук.

В 1990 году профессор Кричевский организовал Российский Союз химиков текстильщиков и колористов (РСХТК) – независимую, некоммерческую, просветительскую организацию, президентом которой остается и по сей день. В 1991 году Герман Евсеевич избирается академиком Российской инженерной академии (РИА) и с тех пор является заместителем академика секретаря секции текстильной и легкой промышленности, а в 1993 году профес-

сор Кричевский становится академиком Международной инженерной академии. С 2009 года Герман Евсеевич Кричевский заведует кафедрой «Физика и нанотехнологии» ГОУ ВПО РосЗИТЛП, является научным руководителем учебно-исследовательской лаборатории «Нанотехнологии в легкой промышленности».

Профессор Кричевский является автором более 300 научных публикаций в отечественных и зарубежных изданиях, автором 35 монографий, учебников и толкового словаря терминов по текстильной химии. По учебникам профессора Кричевского учатся студенты текстильных и родственных ВУЗов в России и в других странах.

За большой вклад в отечественную науку профессору Герману Евсеевичу Кричевскому присвоено звание Заслуженного деятеля науки Российской Федерации. В 2008 году Указом Президента Российской Федерации Герман Кричевский награжден Орденом Почета.

10 октября 2017 года в Москве в Институте химической физики РАН им. Н.Н. Семенова прошел творческий вечер «По волнам моей памяти. Книжки, годы, люди», приуроченный к юбилею профессора Кричевского. Творческий вечер стал местом встречи друзей, коллег и учеников Германа Евсеевича, которые поздравили юбиляра, отметили его весомый вклад в развитие колористики текстильного производства и в подготовку кадров для текстильной промышленности, выразили слова благодарности за доброе и благожелательное участие профессора Кричевского в их судьбе, когда многие из присутствовавших на творческом вечере были студентами, аспирантами и молодыми научными работниками, а Герман Евсеевич был их учителем и наставником.

Фоторепортаж с творческого вечера профессора Германа Кричевского
(Фотографии предоставлены Ломомвым В.И.)

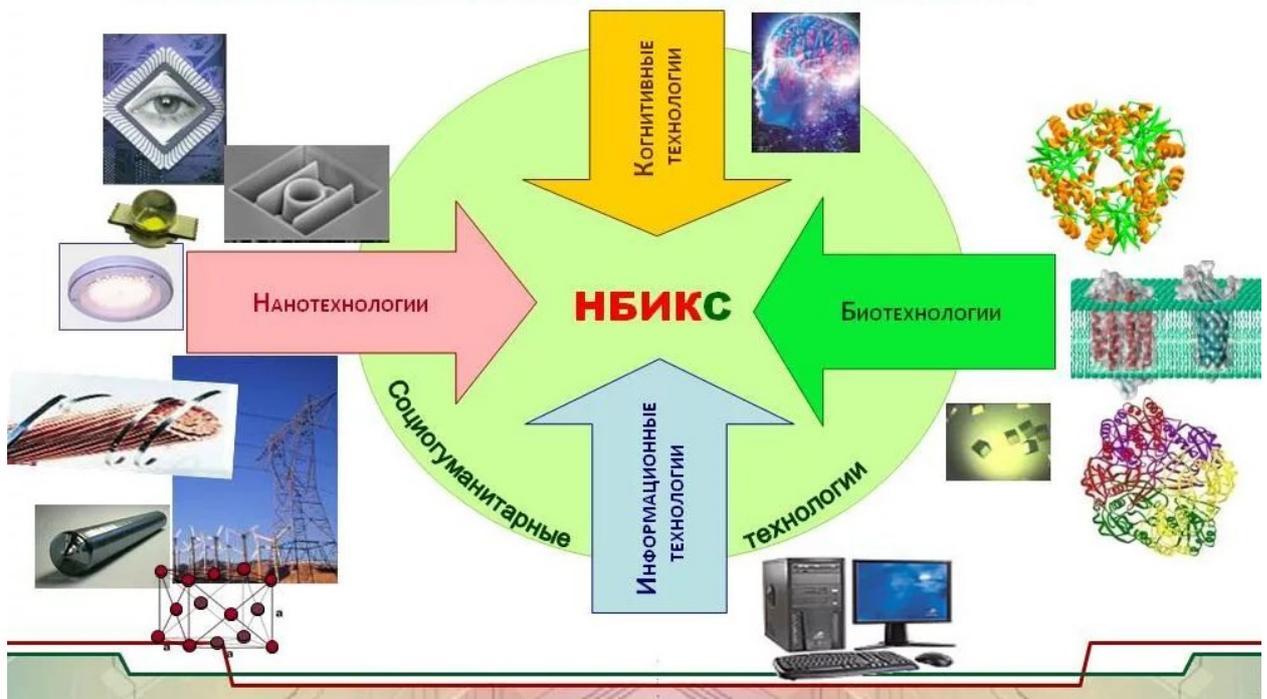






Наука

КОНВЕРГЕНЦИЯ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ



УДК 008(100)::354:608:[001.89+005.94]

NBIC-конвергенция технологий: исторический обзор. Часть II: 2007-2013 гг.

Быков Е.М.

*Сотрудник философии факультета гуманитарных наук
Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».
E-mail: eugenius.solus@gmail.com.*

Аннотация: В статье рассматривается история второго этапа (2007-2013) рецепции и трансформации концепции NBIC-технологической конвергенции: в ЕС (2007-2009), а затем в США (2011-2013). Отдельное внимание уделяется возросшей роли экспертизы со стороны социогуманитарных наук (SSH), подвергших комплексному анализу концепцию NBIC в ЕС. Их результаты вынудили В.Бейнбриджа и М.Роко в США ответить симметричным возрастанием направленности к обществу и человеку в программе CKTS (NBIC2).

Ключевые слова: NBIC-конвергенция, конвергирующие технологии, STS, CKTS, история NBIC.

UDC 008(100)::354:608:[001.89+005.94]

NBIC-Converging Technologies: Historical Overview. Part II: 2007-2013

Bykov E.M.

(Bykov Evgeny Michailovich)

*Scientific researcher at the School of Philosophy of the Faculty of Humanities
of the National Research University — Higher School of Economics.
E-mail: eugenius.solus@gmail.com*

Abstract: History of the second period (2007-2013) of reception and transformation of the concept of NBIC Converging Technologies is observed in the given paper. We pay special attention to increased role of expertise from Social Sciences and Humanities (SSH) by which concept of NBIC convergence has been deeply analyzed in the EU. Their results forced W.Bainbridge and M.Roco in the US to rise of sensitivity toward society and individual levels in program CKTS (NBIC2).

Keywords: NBIC-convergence, converging technologies, STS, CKTS, history of NBIC.

Данная статья является продолжением статьи «NBIC-конвергенция технологий: исторический обзор. Часть I: 2001-2006 гг. // НБИКС-Наука.Технологии. №1. 2017. С.12-24» [19].

В данном тексте каждая из употребляемых аббревиатур (NBIC2, SKTS, CONTECS и др.) приводится именно в том написании, в котором она фигурирует в цитируемых источниках, а потому к NBIC не прибавляется S (social), хотя она и вынесена в заголовок журнала. Отметим, что в версии NBIC2 «S» всецело входит в аббревиатуру SKTS, но уже не том уровне, на котором обозначены технологии NBIC. Перспектива конвергенции НБИКС+С, по крайней мере, на терминологическом уровне, получила особенное распространение в России и будет изучена в соответствующей статье.

NBIC-конвергенция технологий: исторический обзор. Часть II: 2007-2013 гг.

2007-2009, ЕС

Несмотря на ряд уточнений и разграничений приоритетов, о которых будет сказано далее, выводы отчёта HLEG (группы экспертов высшего уровня, ЕС), подтверждали заявленные WTEC¹ масштабность и значимость конвергирующих технологий (Converging Technologies; далее по тексту – СТ) – и в ближайшем, и в отдалённом будущем.

Одной из 16 рекомендаций HLEG для Еврокомиссии было проведение развёрнутого исследования СТ, и она была принята к исполнению уже в 6-й Рамочной программе – созданием, по крайней мере, двух экспертных групп социологического профиля.

Группа «**Knowledge NBIC**» (*Knowledge Politics & New Converging Technologies: A Social Science Perspective*) изучала «производство и организацию знания и политики в сфере конвергирующих технологий» в течение с апреля 2006 года по март 2009 года.

Были организованы два международных симпозиума (май 2007 и май 2008), результаты которых составили специальные выпуски журнала «*Innovation: the European Journal of Social Science Research*»: #20(4) и #22(1) [14, 15]. Кроме того, сведения о работе группы дают ключевые публичные отчёты [1, 2], доступные на сайте проекта информационные бюллетени [11] и итоги кибер-конференций.

¹ Всемирный центр оценки технологий, Inc. – некоммерческий исследовательский институт при правительстве США (спонсируется: NSF, ONR, DARPA, EPA, NIH, AHRQ, NASA, NIST, FDA, AFOSR, ARO и др.); существует с 1989, специализируется на проведении оценок технологий на международном уровне; на сегодня WTEC проведено более 70 исследований. URL: <http://www.wtec.org/>

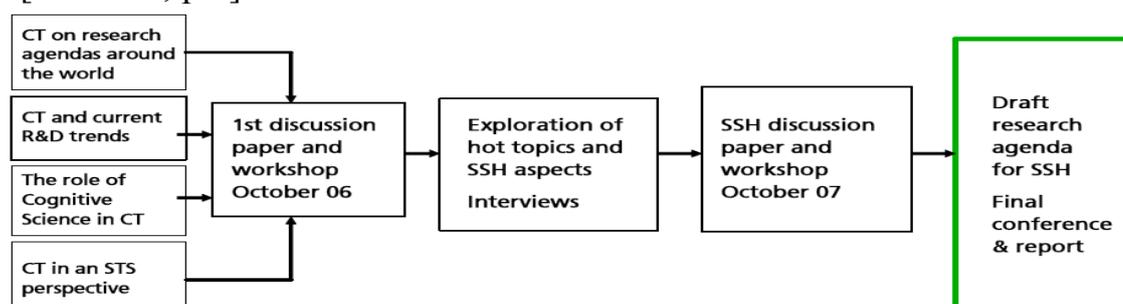
В проекте участвовало семь исследовательских центров:

Страна	Научное учреждение
<i>Австрия</i>	The Interdisciplinary Centre for Comparative Research in the Social Sciences;
<i>Франция</i>	Le Centre Interdisciplinaire de Recherche Comparative en Sciences Sociales;
<i>Германия</i>	The Institute for Technology Assessment & System Analysis ; Zeppelin University
<i>Израиль</i>	Interdisciplinary Centre for Technological Analysis and Forecasting
<i>Польша</i>	Foundation for European Scientific Co-operation
<i>Великобритания</i>	University of Warwick, Department of Sociology

Вторая группа, «CONTECS» (Converging Technologies and their impact on the Social Sciences and Humanities) получила от Еврокомиссии запрос на «анализ критических тем и рекомендаций относительно будущих исследовательских целей». Она представляла собой специализированное и рефлексивное исследование, чьи выводы указали бы дисциплинам SSH (Social Sciences and Humanities, социальные и гуманитарные науки) проблемные узлы NBIC-конвергенции, требующие внимания. Исследование проводилось в период февраль 2006 – апрель 2008 года на базе четырех исследовательских центров:

Страна	Научное учреждение
<i>Германия</i>	Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ²
<i>Германия</i>	Research Centre Karlsruhe, Institute for Systems Analysis and Technology Assessment
<i>Франция</i>	Institut de l'Ecole Normale Superieure
<i>Соединённое Королевство</i>	University of Oxford, Said Business School

11 представителей этих учреждений опубликовали подробный итоговый отчёт [3]. Структура работы их группы исчерпывающе представлена на схеме ниже [там же, p.5]:



² Координатор всего проекта; см. <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/t/projekte/archiv/fri-bb-contecs.php>

Описанная в предыдущей статье [19] приоритетная роль бюрократических институтов ЕС, сформировавших саму группу NBIC-аналитиков, подразумевала для HLEG заведомую важность социальных условий развития конвергирующих технологий (буква «С» в версии «НБИКС»). То, что NBIC-конвергенция «прибыла» из США как уже готовый концепт, позволило HLEG лишиться идею NBIC-конвергенции однозначности, предложив стратегию STEKS³ ↔ WiCC⁴. Сама HLEG при этом не столько обладала выраженной ориентацией на социальные науки, сколько рекомендовала создать такую ориентацию [5, p.48, 51–55].

Будучи «аппаратами 2-й итерации», «Knowledge NBIC» и «CONTECS» могли позволить себе инвестировать интеллектуальный капитал, эквивалентный затратам и на сборку концепта NBIC, на её растожествление: на то, чтобы включить в стоимость реальности NBIC-образа будущего как производителей, так и всех обитателей социометрического ландшафта, для которых это будущее наступает (малые группы, маргинальные сообщества, субъекты «политики знания»). Впрочем, это всегда сложнее на деле, чем на словах: *«Одна из основных сложностей в налаживании диалога по вопросам нанотехнологий – в привлечении людей к обсуждению того, о чём они ничего не знают»*⁵.

«Knowledge NBIC» скромно облачает свои исследовательские притязания в «исторический и социальный анализ изменений в областях NBIC, рассматривающий общественные институты и исследовательские траектории, возникающие благодаря СТ ... а так же мониторинг и регулирование новых знаний и технологий» [11, #1, p.1]. Причём последний пункт носит скорее рекомендательный характер, нежели выработку законодательных нормативов (как и вторая фаза исследований, посвящённая обязательствам в отношении политики знания со сторон гражданского общества, промышленности, государства и научных сообществ). Работа данной группы выдерживает академический стиль – он очевиден даже в том, как перечисление результатов трехлетнего исследования [11, #5, p.5] акцентирует внимание на произведённых в его рамках текстах.

Результаты исследования обладают своего рода «несвязанной энергией», т.к. выражены в виде руководств, нежели вердиктов, что позволяет им всецело сконцентрироваться на предмете – таких темах, как Google Scholar-анализ NBIC-словоупотребления, проблемы недостатка ожидаемой интердисциплинарности (в бионанотехнологиях или в самом концепте NBIC версии WTEC), специфике этики науки в Польше, динамике развития СТ в Тайване или же на транснациональном уровне (см. отчёт #2, «Know-ledge Policies and Politics and the NBIC Field» [2]).

³ Converging Technologies for the European Knowledge Society, СТ для европейских обществ знания

⁴ Widening the Circles of Convergence, расширение кругов конвергенции

⁵ 11/2008, Фил МакНотен (Phil McNaughten), ведущий эксперт в области инициатив с публичным участием (public engagement), Даремский Университет, Соединённое Королевство [2, p.7]

Основное количество материалов группы было представлено на двух конференциях, по названиям которых были озаглавлены специальные номера журналов по инновациям в ЕС:

- 2007 [Вена] - Converging Science and Technologies; Research Trajectories and Institutional Settings;
- 2008 [Брюссель] - Knowledge Politics and Converging Technologies;

Что же до группы «CONTECS», то, я полагаю, она с полным правом подходит на роль преемницы HLEG: в 2008 году она предоставляет комплексный обзор 6 заявленных областей изучения СТ, перехватывая этим эстафету HLEG в роли группы прикладных NBIC-аналитиков в ЕС.⁶ [3, pp.iii-v]:

1. Истоки споров о конвергенции и реальная оценка влияния СТ-видений в мире;
2. Особая роль когнитивных наук в NBIC;
3. Реальный статус интердисциплинарности в СТ;
4. Этические вопросы и критические исследования в сфере оценки технологий;
5. Предпосылки натурализации гуманитарных наук в рамках NBIC;
6. Роль «улучшения» и пр. нарративов конвергенции в спорах о СТ.

Отчёт CONTECS включает в себя и план дальнейший действий в сфере научной политики, состоящий из 5 пунктов [3, pp.vi-vii] (с [пояснениями] – *авт.*):

1. Стратегическая роль SSH в развитии ключевых технологий
 - i. [аналогично «WiCC-ведомству», но – для SSH];
2. Расширение базы знаний политических игроков
 - i. [для балансировки научно-исследовательских стратегий и финансирования СТ];
3. SSH повышает возможности развития СТ
 - i. [анализ аспектов развития технологий, недоступный учёным];
4. Повышение компетентности
 - i. [распространение в поле SSH результатов исследований, подобных данному];
5. SSH как «медиаторы» и «переводчики»
 - i. [в публичном диалоге; также – проблематика постлюдей].

Это меньше, чем 16 рекомендаций в отчёте HLEG за 2004 год, но и функцию они выполняют другую – каждый пункт обеспечивает SSH привилегированное положение в дальнейшем продвижении ассоциированных с СТ (NBIC) процессами. Траектории прочих заинтересованных сторон в СТ-релевантных проектах, отныне должны проходить через SSH – иначе они падут жертвами собственного невежества, а замыслы их постигнет неудача (с точки зрения философа и антрополога науки Б.Латура они становятся «пунктами обязательного прохождения» [21]). Подобная стратегия может вызвать резонное подозрение, что исследователи переформулировали собственные интересы в виде всеобщих – но, даже будучи истинным, подобное предполо-

⁶ Качественное сравнение WTEC/CONTECS см.: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=6905.php>

жение не дисквалифицирует их. Рекомендация CONTECS о включении дисциплин SSH в список постоянных консультантов призывает к тому же, что и отчёты WTEC – и те, и другие создают «возвратную петлю», отсылая к самим себе, поскольку утверждают свою роль центральных групп NBIC-аналитиков, чья рефлексивность может быть операционализирована. Ключевое же отличие в том, что WTEC уже стабильно сосуществует с правительственными учреждениями США, нежели однократно возникающие под конкретные задачи HLEG и CONTECS.⁷

Чем большее число акторов, заключённых в образе будущего, становится обозримо до его реализации, тем большее количество способов доступа получают промоутеры NBIC-технофорсайта к самим себе (ведь это именно они выносят суждение, что относится к NBIC, а что – нет), тем детальнее они могут выстраивать и менять свои позиции – это делают группы по обе стороны Атлантики. Выработка R&D⁸ программ, инвестиционной политики, «дорожных карт» и государственных инициатив в США Роко и Бейнбриджем – форма предвосхищения, снижения рисков NBIC перспектив. Группы исследователей в ЕС реализуют её же, но через помощь европейским институтам научной политики по обнаружению «разносчиков риска» методами SSH [3, pp.40–41; 1, pp.39–40]. Несмотря на то, что NBIC конвергенция версии WTEC была признана технодетерминистской, один из выводов анализа CONTECS состоял в том, что значимость социальных изменений (к примеру, от внедрения когнитивных технологий [3, p.34]) в ней далеко не игнорируется.

Ранее я обращал внимание, что CONTECS показывает прагматику сборки концепта NBIC-конвергенции, прибывшего из WTEC как «чёрный ящик» [3, Appendix A, D], открывая его для реконцептуализации. Что я подразумеваю под этим? Для ответа давайте рассмотрим крайние полюса вопроса «объективности» NBIC-конвергенция технологий:

I. NBIC-конвергенция – целиком объективный, не зависящий ни от чьей воли процесс, подобно шествованию Абсолютного духа, раскрывающий неизбежные закономерности развития науки...

а. ...но тогда он напоминает природное явление, и нет смысла проводить «социальный мониторинг» процессов, из которых он состоит, а лишь извлекать выгоду.

II. NBIC-конвергенция – целиком субъективный, зависящий лишь от сиюминутных волей конкурирующих в разных проектах и грантах индивидов, произвольно жонглирующих дисциплинами...

а. ...но тогда он нежизнеспособен сам по себе – стоит лишь отвлечь институциональное внимание, и все собранные связи распадутся, потому что их

⁷ Приведённые выше апология SSH-подходов со стороны CONTECS с рекомендациями при формировании научной политики (вместе с рекомендациями HLEG о создании WiCC-ведомства) могут создать впечатление, что в ЕС группа по NBIC-конвергенции сама пытается учредить локальную конвергенцию, и на сей раз – между бюрократическими структурами Евросоюза и группами независимых экспертов.

⁸ Research & Development, ср. НИОКР: Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

не поддерживало ничто иное; подобно окказионалистскому Богу, такой проект необходимо продолжать творить каждую секунду.

Очевидно, что ни в США, ни в ЕС не занимают крайних позиций – это было бы абсурдно для людей, ежегодно участвующих в форсайт-сессиях и разрабатывающих мегапроекты. Тогда, может, речь идёт о градиенте между этими полюсами? С.Бейнбридж и М.Роко *действительно* полагают (и убеждают в этом других), что в развитии современного технонаучного комплекса велика роль «фундирующих элементов», BANG-тетраэдра: Биты, Атомы, Нейроны и Гены! При этом они понимают, что, пусть даже реальность-какая-то и состоит из этих объектов, без пула конкретных научных исследований, а также заинтересованности в них государства – рынков, вряд ли мы получим желаемое «устойчивое развитие» в будущем.

Представители групп «CONTECS» и «Knowledge NBIC» (для большинства из них это можно доказать даже институционально) – исследователи науки и техники, STS⁹, а потому для них апелляция к «самой реальности природы» не проходит так просто. Скорее, они соглашаются подвергнуть изучению процессы создания изобретений, столкновений между учёными по поводу междисциплинарности и т.п. Это не значит, что они сомневаются в реальности NBIC-кон-вергенции. Это значит, что они сомневаются в *том её виде*, который представляют Бейнбридж и Роко! А, поскольку они не сводят социальные науки к одной из ветвей естественных (см. пункт 5 из задач CONTECS), то используют доступный рефлексивный инструментарий: «Такие подходы, как оценка технологий, оценка рисков, социология знания, STS и исследования, помогающие политике (policy support research), возникают в качестве ответа на необходимость понять взаимосвязи между техникой и обществом – и обратить внимание на то, что импульсом, придающим толчок новым технологиям, зачастую было нечто, *что уже произошло*» [2, p.11 (курсив авт.)]

Иными словами, градиенту NBIC между природным и социальным кое-чего недостаёт – уровня концепта. Как и «озоновая дыра», NBIC-конвергенция – «*одновременно социальная, природная и дискурсивная*» [22]. Различие между подходами США и ЕС представимо в последовательности фиксаций:

- **WTEC**: дискурс NBIC (стабилен) → технонаучные области упорядочены → остаётся координировать социальные группы
- **CONTECS**: *действительно* ли стабилен NBIC? → (технологии) социально и дискурсивно контекстуализированы → исследуем эти контексты → технонаучные практики *на практике* не столь упорядочены, как полагает дискурс NBIC → значит, NBIC не является стабильным (концептом) для конвергентных технологий; **предлагаем альтернативы.**

Бейнбридж и Роко сперва разработали концепцию NBIC, стабилизировав дискурс – теперь конвергенция, расширившая Национальную нанотехноло-

⁹ Science and Technology Studies («исследования науки и технологии») – радикальное по своему философскому содержанию течение, представители которого понимают науку и технологии как социальные, дискурсивные практики, изучение которых должно учитывать материальные условия их функционирования [17, с.4], сформировавшееся в 60-70е гг. XXв. в Европе.

гическую инициативу [10], упорядочила технонаучные области через упорядоченную картину природы, стоящую за ними (см. аргумент о дедукции в [19]); тогда вопрос стоял за тем, чтобы координировать социальные группы и их интересы, обеспечив развитие технонаучных областей надлежащим образом. В свою очередь, исследователи из ЕС задались вопросом, насколько стабилен образ будущего NBIC-конвергенции? Поскольку наука и технологии для них социальны и дискурсивны, они начинают свой анализ с социального контекста – когда становится видно, что на практике четыре «конвергирующие» области NBIC не столь упорядочены, как это представляет версия WTEC, значит, NBIC-конвергенция не является стабильным концептом для конвергирующих технологий, имеют место более сложные системы отношений, с которыми ещё предстоит работать и которые предстоит осмыслить.

О способах «испытаний концепта NBIC на прочность» прекрасно свидетельствуют приведённые ранее темы, к которым обратилась группа «Knowledge NBIC»: анализ заявленной и реально складывающейся междисциплинарности в NBIC [13], этики науки, политики знаний в области биотехнологий [12], институциональных траекторий – все они сами не являются «hard science», но являются тем, без чего последняя попросту не существует¹⁰. Проследивая разнородных акторов, собираемых в текстах WTEC, исследователи из ЕС смогли разъять актора NBIC на компоненты, предложив другую их компоновку – и, если новые акторы, вписываемые ранее в стоимость и определение исходного, переориентированы, образовываемая ими целостность перестаёт быть различима как существующая [21, с.7–13]. Когда мы вводим акторов, недоучтённых ранее, возникает множество интерферирующих перспектив, за счёт чего прежний образ будущего как *единственно* реального будущего может начать «расходиться»¹¹. Тексты исследователей теперь превращаются для Еврокомиссии в представителей реальности от имени замещённых.¹² Признавая реальность СТ, и CONTECS, и Knowledge NBIC отвергли концепт NBIC-конвергенции версии WTEC, заявив о необходимости для СТ иного облика.

¹⁰ В дополнение к 2м упомянутым группам, конференция, проведённая в Нидерландах в 2009г. под названием «Converging Technologies, Changing Societies», служит примером роста философской рафинированности и виртуозности переосмысления NBIC: помимо SSH, на ней были представлены подходы постфеноменологии техники, этики трансгуманизма и др. [6]

¹¹ *Схематично*: если условия А, В, С и D вели к холистическому превосходящему их следствию 1, то критика «исподволь» направлена не на 1, а на то, что А, В, С и D направлены в разные стороны – если это удаётся доказать для каждого из них, то они больше не сходятся в 1.

¹² Происходящую на этом этапе рецепции NBIC суть «игры сил» можно выразить при помощи скобок – **Re(al(l))presenting**: **Re**-presenting \ **Real**-presenting \ **Re-all**-presenting. Сперва борьба идёт между множеством представлений реального положения дел, конкурирующими за право быть представителями (единственной) реальности. Казалось бы, на этом всё, но, когда таких победителей оказывается несколько, следующим этапом столкновений оказывается ставка «самой реальность» не потому, что мы избавились от её представлений, а *потому*, что представляем все её представления! Группы из ЕС исследуют противоречивые социальные ландшафты (**Re-all**-presenting), понижая притязания группы из США (от **Real**-presenting до **Re**-presenting). *Схема буквальна*: каждое сражение разворачивается как этап центростремительной битвы за (1).

2011-2013, США

Как было предположено в предыдущей статье, пауза в работе WTEC-группы во второй половине 2000-х связана как с попытками реализовать планы встреч 2001-2006 годов, так и с Мировым финансовым кризисом 2008-2010 годов. Период этот также оказался подготовительным для «перезагрузки NBIC», прошедшей в 2011-12 годах. Серия из шести симпозиумов прошла на международном уровне [4, Appendix A] – см. таблицу далее.¹³

Регион	Город (страна)	Дата	число участников	Спонсоры
Латинская Америка	Сан-Пауло (Бразилия)	24–25.11	40	CGEE; RLPCT; PROSUL; S.
США	Арлингтон (Вирджиния, США)	25–26.06.12	85	NSF, NIH, NASA, EPA, DOD, USDA
ЕС	Лувен (Бельгия)	20–21.09.12	50	European Commission IMEC
Корея – Япония	Сеул (Корея)	15–16.10.12	105	JST ^{Яп.} , NRFK ^{Кор.} , MEST ^{Кор.} ,
Китай – Австралия	Пекин (Китай)	18–19.10.12	41	CAS ^{Кит.} , ANN ^{Авс.} , ANU ^{Авс.} , DIISRTE ^{Авс.}
США (Общие итоги)	Арлингтон (Вирджиния, США)	25–26.12.12	83 (26 web) ¹⁴	NSF, NIH, NASA, EPA, DOD, USDA

Материалы, подводящие итоги прошедшим симпозиумам, были опубликованы в июле 2013 года в сборнике «Convergence of Knowledge, Technology, and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies» [4] и представляют собой ядро новой системы отсчёта, где авторы предлагают расширения NBIC-инициатив (основные изменения NBIC2-стратегии – в гл.4).

Пять основных принципов нового подхода доступны в переводе на русский в статье [20, с.40-41], а соотношение десяти глав, составляющих сборник, на схеме [там же, с.41]. Первые четыре главы служат описаниям различных платформ, на которых происходит конвергенция (NBIC – в качестве

¹³ Дополнительные материалы доступны на сайте WTEC – анонсы каждого из 6 симпозиумов (заключительный – также с видеозаписями и сопутствующими презентациями); Appendix F – «Ведущие учёные обсуждают конвергирующие технологии» в Вильсоновском Центре (видео).

¹⁴ Автор данной статьи – единственный представитель от России – принимал удалённое участие в заключительном симпозиуме WTEC цикла NBIC2. См. [4, p.404]

основных инструментов, планетарный масштаб, уровень сообществ и пр.), и лишь затем, в остальных главах выводятся следствия СКТС для различных областей (способностей познания, здравоохранения, продуктивности и пр.). В отличие от предшествующих сборников, структура нового куда более унифицирована: каждая из 10 глав разбивается на 11 одинаковых разделов, в числе которых «X.2 – продвижение за прошедшую декаду и текущий статус; X.3 – цели на следующую декаду; X.7 – влияние R&D на общество» [4, pp.7-10]. Особое внимание уделено преемственности темы NBIC в веренице релевантных текстов – скромный список, составленный в 2006 году, детально расширяется Бейнбриджем [4, Appendix E]. Это позволяет авторам представить эволюцию собственных целей и образов будущего (visions) периода NBIC-2001, пересмотру которых и были посвящены симпозиумы, упомянутые выше.

«Социальное измерение» NBIC-образа будущего сильно зависит от иницирующей группы [16]. Индустриально ориентированный, WTEC-вариант конвергенции в первые годы отталкивался от прагматической позиции, поскольку основными его задачами были мобилизация и подготовка игроков от политики и экономики к будущим трансформациям (в первом сборнике этому были посвящены разделы A и D). Профессиональный социолог Бейнбридж и тесно знакомый с истеблишментом правительства США Роко понимали, что, используя государственные институты как «опорные точки», не стоит сразу же разворачивать перспективы социальных проблем NBIC-конвергенции. К этому они приступили к концу первого периода активности [8].

В настоящее время, многократно возросшее в рамках NBIC2 внимание к социальному вписано в саму компоновку итогового сборника (как минимум, на уровне обновлённой риторики [4, pp.7–10]). Фактически, даже акцент в нём уже не на СТ, конвергенции технологий, но на **конвергенции** как идее, чья «легендарная» генеалогия прочитывается в преемственности между 3 проектами: от NNI через NBIC к СКТС. Сперва конвергенция была осознана на уровне нанотехнологий (т.к. работа с молекулярным уровнем вещества объединяет множество технаучных областей¹⁵), затем – между столь же значимыми, как и нанотехнология, областями, уже в составе NBIC – и, наконец, время перейти к конвергенции на метауровне, между «знаниями, технологиями и обществом» (что, на мой взгляд, порядком размывает плодотворность использования самого термина). Таким образом NBIC оказывается инструментарием в составе СТКС, а в фокус попадают оставшихся ранее за пределами (*beyond* NBIC) люди, сообщества и иже¹⁶. Подобная «щедрость», впрочем, вынужденная – это, скорее всего, необходимая реакция на совокуп-

¹⁵ Отчёт о направлениях развития нанотехнологий до 2020 (с прицелом на социальные нужды [9] даёт понять, что они продолжают оставаться одним из приоритетных проектов развития науки в США.

¹⁶ И неспроста: В.Бейнбридж замечает, что «сконцентрировавшись на том, как конвергенция может реагировать на социальные нужды, NBIC2 (означая —за пределами исходного NBIC1) совпадает с целями федеральной СКТС-инициативы США [Convergence of Knowledge and Technology for <the benefit of> Society]» [4, p. 412].

ность критических выводов, подводящих итоги проведённым в ЕС исследованиям, которые сошлись на ошибочности ориентации «социальное – материал для переделывания (т.н. инженерный подход)» в перспективах NBIC исходной версии WTEC. СTKS – это плод «работы над ошибками» группы Бейнбриджа-Роко. Несколько утрируя, их апология такова: «Анализ социальных теоретиков в ЕС не оставил от нашего NBIC-образа будущего камня на камне? Что ж, прекрасно! Мы соберём рассыпанные критикой камни в новый образ, но склеивать их будем именно тем, что нарушило их компоновку – недоучтённым социальным».

Post Scriptum – Nunc Scribo?

Что же происходит сейчас?

В случае с Бейнбриджем и Роко – их проект, выйдя за пределы NBIC (как эксплицитно можно судить по изданию «Handbook of Technology and Science Convergence» [7]), сместился в сторону утверждения теоретического видения (концепт конвергенции, обобщённый через <NNI→NBIC→СKTS>), и теперь соавторы инвестируют в его распространение больше, чем в организацию научно-исследовательских коллективов под эгидой NBIC, с которой эта история началась. Однако маховик уже был запущен, и от возможных будущих перспектив нельзя просто отмахнуться: в конфигурации СKTS Бейнбридж и Роко доказывают связь своего подхода с программой поддержки развития технологий в ЕС «Horizon 2020» (см. обоснования и сравнение [4, pp.384-386]). Последний не только продолжается на текущий момент, но и утверждается одним из пунктов приоритета научных изысканий в области Emerging Technologies¹⁷ – термина из доклада HLEG, замещающего Converging Technologies. Наконец, дискурс конвергенции научных дисциплин подхватывается самими представителями дисциплин¹⁸.

Поскольку образы будущего, существующие в настоящем, приводят к действиям в настоящем в сторону будущего, один из способов воплощения рекомендаций исследовательских форсайтов получил название «**anticipatory governance**», «предчувывающее управление»¹⁹. Обращение к подобной терминологии имплицитно подразумевает некоторый тип восприятия, «*perceptive apparatus*» – сенсорную систему, принимающую решения относительно образов будущего [18].

Развивая логику органицистской метафоры, мы можем сказать, что у «аппарата, антиципирующего будущее», есть, по крайней мере, две основные возможности: отвержение|инъекция (*rejection|injection*). Если некоторое будущее «отвергается», то либо исключается (как недостоверное), либо разлагается на компоненты, а, если «инъекцируется», то происходит своего рода «прививка будущим». Допущение о возможном положении дел берётся как

¹⁷ <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>

¹⁸ http://www.scienceeurope.org/wp-content/uploads/2015/12/Workshop_Report_Convergence_FINAL.pdf

¹⁹ Данный подход обсуждался в рамках 2й конференции группы Knowledge NBIC в Брюсселе.

реальное, и множество коллективов начинает действовать, заранее подготовляя себя к наступлению *этого* варианта будущего (чтобы уменьшить непредсказуемость возникающих структур для уже существующих).

Лейтмотив NBIC-конвергенции технологий – это чувствительность к процессам, продолжающимся на наших глазах: вот что действительно интересно. Во что в дальнейшем превратятся NBIC-области, и как нам сейчас действовать относительно этого будущего? После приключений NBIC в США и ЕС пришло время перейти к пишущейся странице отечественной истории.

Объём русскоязычных материалов по НБИКС велик по объёму и весьма специфичен, поэтому будет рассмотрен в отдельной статье «ЧАСТЬ III: Рецепция NBIC в России» (выйдет в одном из следующих номеров).

Библиография:

1. (WP 1) KNOWLEDGE NBIC. *Knowledge Politics and New Converging Technologies: A Social Science Perspective / Deliverable 1: Research trajectories and institutional settings of new converging technologies. European Commission FP6 project, 2008. [Online: www.convergingtechnologies.org]*
2. (WP 2) KNOWLEDGE NBIC. *Knowledge Politics and New Converging Technologies: A Social Science Perspective / Deliverable 2: Knowledge Policies and Politics and the NBIC Field. European Commission FP6 project, 2009. [Online: <http://www.convergingtechnologies.org/> - к сожалению, сайт временно на реконструкции (01.10.17)]²⁰*
3. Andler D., Barthelmé S., Beckert B., Blümel C., Coenen C., Fleischer T., Friedewald M., Quendt C., Rader M., Simakova E., Woolgar S. *Converging Technologies and their impact on the Social Sciences and Humanities. Final report of the CONTECS project. 2008 (May) [Online: <http://www.contecs.fraunhofer.de/>]*
4. *Converging Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies / Roco M.C., Bainbridge W.S., Tonn B., Whitesides G. (eds.); Springer, 2013 [Online: <http://www.wtec.org/NBIC2-Report/>].*
5. *Converging Technologies – Shaping the Future of Human Societies / Nordmann A. (rapporteur). European Commission Research, High Level Expert Group (HLEG) “Foresighting the New Technology Wave”, Report Brussels, 2004.*
6. *Converging Technologies, Changing Societies // Proceedings of Society for Philosophy and Technology (SPT), 7-10.06.2009. Brey Ph., Swierstra T., Verbeek P.-P. (eds.). Center for Philosophy of Technology and Engineering Science, University of Twente: Netherlands, 2009.*
7. *Handbook of Science and Technology Convergence / Roco M., Bainbridge W. (eds.). Springer, 2016.*
8. ***Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society / Bainbridge W.S., Roco M.C. (eds.). Berlin: Springer, 2006.***
9. *Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020: Retrospective and Outlook / Roco M.C., Mirkin C.A., Hersam M.C. (eds.). Baltimore: WTEC, 2011.*
10. *Nanotechnology Research Directions: Vision for nanotechnology R&D in the next decade. Roco M.C., Williams R.S., Alivisator P. (eds.). 1999 [http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/nano2/chapter09.pdf]*

²⁰ Необходимо отметить для заинтересовавшихся читателей, что материалы исследовательских групп ЕС в настоящий момент недоступны онлайн: часть из них была удалена, другие сайты проходят реконструкцию. Для получения оригиналов документов в электронном виде пишите на eugenius.solus@gmail.com

11. Newsletter # 1 (10.2006), 2 (06.2007), 3 (02.2008), 4 (11.2008), 5 (05.2009). KNOWLEDGE NBIC. Knowledge Politics and New Converging Technologies: A Social Science Perspective
12. Rafols I. Strategies for Knowledge Acquisition in Bionanotechnology // *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. Luce J., Giorgi L. (eds.). 2007. №20(4). pp.395–412.
13. Schmidt J. Knowledge Politics of Interdisciplinarity. Specifying the type of interdisciplinarity in the NSF's NBIC scenario // *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. Luce J., Giorgi L. (eds.). 2007. №20(4). pp. 313–328.
14. Special Issue: Converging Science and Technologies: Research Trajectories and Institutional Settings. // *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. Luce J., Giorgi L. (eds.). 2007. №20(4). pp. 307–414.
15. Special Issue: Knowledge Politics and Converging Technologies. // *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. Luce J., Giorgi L. (eds.). 2009. №22(1). pp. 1-142.
16. Аршинов В., Горохов В. Социальное измерение NBIC-междисциплинарности // *Философские науки*. 2010. №6. С.22–35.
17. Астахов С. Проблема контингентности в акторно-сетевой теории. Дисс. канд. филос. Наук. М.: НИУ ВШЭ. 2017
18. Быков Е. Полиреализм «реального» будущего: пролиферация NBIC-конвергирующих технологий и реконцептуализация трансгуманизма // *Глобальное будущее 2045: Антропологический кризис. Конвергентные технологии. Трансгуманистические проекты*; Дубровский Д., Климова С. (ред.), М.: Канон+ РООИ «Реабилитация», 2014, С.157—166.
19. Быков Е. NBIC-конвергенция технологий: исторический обзор. Часть I: 2001-2006гг. // *НБИКС-Наука.Технологии*. №1. 2017. С.12—24
20. Кричевский Г. Введение в НБИКС-технологии // *НБИКС-Наука.Технологии*. №1. 2017. С.25-52
21. Латур Б. Наука в действии: следуя за учеными и инженерами внутри сообщества. СПб., 2013.
22. Латур Б. Нового времени не было. Эссе по симметричной антропологии. / пер. с фр. Д.Я. Калугина; Науч. ред. О.В. Хархордин; Спб.: изд-во Европейского Университета в Санкт-Петербурге, 2006.

Библиографическая ссылка: Быков Е.М. NBIC-конвергенция технологий: исторический обзор. Часть II: 2007-2013 гг. // *НБИКС: Наука.Технологии*. 2017. Т.2, №2, стр. 24-36

Article reference: Bykov E. M. NBIC-converging Technologies: Historical Overview. Part II: 2007-2013 // *NBICS: Science.Technology*. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 24-36

УДК 167.7

НБИКС-конвергенция: некоторые теоретические и методологические вопросы

*Дубровский Д.И.,
доктор философских наук, профессор,
главный научный сотрудник сектора теории познания
Института философии РАН,
Сопредседатель научного совета РАН по методологии искусственного
интеллекта и когнитивных исследований,
профессор философского факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: ddi29@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и методологические вопросы конвергентного развития НБИКС (нанотехнологий, биотехнологий, информационных, когнитивных, социогуманитарных технологий и соответствующих им научных дисциплин). Подчеркивается трансдисциплинарный характер НБИКС-конвергенции, трудности соотнесения различных научных языков и создания интегральной концепции. В этом плане выясняются ресурсы информационного подхода. Рассматриваются роль нейронаучных исследований головного мозга в развитии информационных и когнитивных технологий, значение НБИКС-конвергенции для разработок проблемы сознания в целях преодоления глобального кризиса земной цивилизации.

Ключевые слова. НБИКС, междисциплинарные и трансдисциплинарные проблемы, методология, функционализм, информационный подход, нейронаука, мозг, сознание.

UDC 167.7

NBICS-convergence: Some Theoretical and Methodological Issues

*Dubrovsky D.I.,
Doctor of Philosophy, Professor,
Chief Researcher of the Knowledge Theory Sector of the Institute of Philosophy
of the Russian Academy of Sciences,
Co-chairman of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences
on the methodology of artificial intelligence and cognitive research,
Professor of the Philosophy Faculty of Moscow State University. M.V. Lomonosov
E-mail: ddi29@mail.ru*

Annotation. The theoretical and methodological issues of convergent development of the NBICS (nanotechnology, biotechnology, information, cognitive, socio-

humanitarian technologies and corresponding scientific disciplines) are considered. The transdisciplinary nature of NBICS convergence, the difficulties of correlating various scientific languages and the creation of an integral concept are underlined. In this plan the resources of the information approach are clarified. The role of neuroscience studies of the brain in the development of information and cognitive technologies, the importance of NBICS convergence for the development of the problem of consciousness in order to overcome the global crisis of terrestrial civilization are considered.

Keywords. NBICS, interdisciplinary and transdisciplinary problems, methodology, functionalism, information approach, neuroscience, brain, consciousness.

НБИКС-конвергенция: некоторые теоретические и методологические вопросы

Конвергентное развитие НБИКС (нанотехнологий, биотехнологий, информационных, когнитивных, социогуманитарных технологий и соответствующих им областей научного знания) представляет собой главный технонаучный тренд нашей цивилизации. Это начало качественно нового этапа познания и преобразования природы, общества и самого человека, процесса антропотехнологической эволюции. Нет сомнения, что именно конвергентное развитие указанных мегатехнологий будет определять судьбы земной цивилизации. Но это влечет столь же масштабные риски и угрозы, что требует действенных средств контроля и управления. Развитие НБИКС-конвергенции требует основательного теоретического и методологического осмысления. И создание специального журнала, посвященного этой проблематике – дело крайне актуальное и своевременное. Хочу отметить, что большая заслуга в этом принадлежит профессору Герману Евсеевичу Кричевскому, который был инициатором и организатором этого сложного и столь значимого предприятия.

В ходе конвергентного развития системы НБИКС формируются интегральные объекты, органически включающие живые и неживые системы, психические явления и физические процессы. Их описание и объяснения требует использования познавательных средств, специфичных для физических, химических, биологических, компьютерных, психологических, социогуманитарных дисциплин, а это предполагает их соотнесение и объединение в некоторой общей для них концептуальной структуре. Речь идет уже не о междисциплинарной, а о **трансдисциплинарной проблеме**, охватывающей все основные разделы современного научного знания. При этом первостепенная роль в системе НБИКС должна принадлежать социогуманитарной составляющей.

На пути такого рода интегративных процессов возникают серьезные теоретические и эпистемологические трудности, что проявляется при попытках соотнесения и объединения языков и средств физического описания (и объ-

яснения). С одной стороны – социогуманитарный язык для описания социогуманитарных знаний и технологий, которые призваны служить не только идейным и творческим стимулом развития НБИКС-конвергенции, но выполнять прежде всего функции ценностной ориентации и регуляции. С другой стороны – язык прогнозирования и экспертного санкционирования психологического описания (и объяснения). Эти трудности связаны с категориальной разобщенностью двух традиционных типов научных языков, на одном из которых описываются физические, химические, физиологические, технические явления, а на другом явления субъективной реальности, психические процессы, сознательная деятельность, явления культуры. Первый из них является по существу «физикалистским», его основой служат такие понятия, как масса, энергия, пространственные отношения и т.п. Второй может быть назван «гуманитаристским», его основные понятия – смысл, ценность, цель, воля, вера, интенциональность и др. Эти две группы понятий достаточно автономны, не имеют между собой прямых логических связей. Чтобы их связать требуется своего рода «мост» – специальная теоретически адекватная концептуальная структура, способная объединить эти два языка.

Методология научного познания, опыт развития науки, начиная со второй половины прошлого века, показывает, что подобная концептуальная структура может быть развита на базе информационного подхода, так как понятие информации допускает не только синтаксическое (формальное), но и семантическое и прагматическое описание и потому способно выражать основное «гуманитаристское» содержание (смысл, ценность, цель, интенциональность, ментальное управление), а, с другой стороны, в силу необходимой воплощенности информации в своем кодовом физическом носителе, информация допускает «физикалистское» описание (в понятиях массы, энергии, пространственных отношений и т.д.). Таким образом, информационный подход способен теоретически корректно охватить и связать в единой концептуальной структуре оба различных способа описания и объяснения, преодолеть тот «провал в объяснении» между сознательными и физическими явлениями, о котором много говорили представители аналитической философии.

«Информационный язык» хорошо приспособлен для функциональных описаний, объяснений и предсказаний (это и составляет суть информационного подхода), он широко и продуктивно используется в современных психологических, психофизиологических, лингвистических, генетических исследованиях, не говоря уже о компьютерных дисциплинах. Его интегративные возможности хорошо проявились в когнитивной науке, стремящейся – и не безуспешно – объединить результаты перечисленных областей исследования в единой объяснительной модели. «Информационный язык» способен служить возникновению новых успешных информационных подходов для решения междисциплинарных проблем, выступать эффективным средством повышения степени взаимопонимания и сотрудничества специалистов разных областей науки, вовлеченных в разработку проблематики НБИКС-конвергенции.

Разумеется, разработка проблем междисциплинарности и трансдисциплинарности, которая настоятельно диктуется развитием НБИКС-конвергенцией, далеко не исчерпывается информационными подходами. Успешно используются и другие широкие концептуальные средства и подходы (синергетический, сетевого моделирования и др.). В то же время становится очевидной необходимость более глубокого понимания взаимозависимости науки и технологии, того качественно нового образования, которое именуется «технонаукой», преодоления тенденций технологического редукционизма в истолковании системы НБИКС и, если так можно выразиться, бессубъектности этого образования. Необходимо еще раз подчеркнуть жизненно важное значение органической включенности в эту системы социогуманитарного знания и социогуманитарных технологий, которые пока еще слабо развиты. Но уже в ближайшем будущем этот фактор должен обрести достаточную силу, чтобы выполнять функции стимулирования и определения приоритетных векторов развития, нормативного регулирования, прогнозирования и экспертного санкционирования процессов и результатов конвергентного развития мегатехнологий.

Здесь уместно кратко коснуться исторического аспекта развития науки во второй половине прошлого века. Именно в это время стали четко проявляться в ней интегральные процессы, многие значительные результаты стали добываться на стыках различных наук. Это проявилось в быстром развитии таких дисциплин как физическая химия, биофизика, биохимия, психофизиология и др., возникли теория информации (К. Шенон и др.), компьютерная техника и кибернетика, а успехи молекулярной биологии привели к расшифровке генетического кода. Именно в этот период стали создаваться общие междисциплинарные платформы, призванные содействовать интегральным процессам в развитии науки.

Я имею в виду формирование ряда «общенаучных понятий», которые получили тогда такое название, поскольку могли в той или иной форме использоваться практически во всех науках. Они послужили развитию широких познавательных подходов – системных, структурных, функциональных, информационных. Уже на первых этапах развития компьютерной техники и информационных технологий, благодаря прежде всего работам А. Тьюринга, утвердились принцип изофункционализма систем и связанный с ним принцип инвариантности информации по отношению к физическим свойствам ее носителя. Первый из них означал, что одна и та же функция может быть воплощена и реализована на субстратах, имеющих разные физические свойства (модельный пример: удалили естественный зуб, вставили искусственный – функция та же, субстрат другой), это открыло эру искусственного создания и замены органов.

Принцип изофункционализма систем демонстрирует логическую независимость функционального описания и объяснения от физического и тем самым невозможность редукции функциональных отношений к чисто физическим. Об этом же свидетельствует принцип инвариантности информации по

отношению к физическим свойствам ее носителя, позволяющий видеть принципиальное различие между информационным процессом и физическим процессом, обосновывать специфику **информационной причинности** по сравнению с физической причинностью (одна и та же информация, воплощенная в разных по своим физическим свойствам носителях, способна производить одно и то же следствие). Это ни в коей мере не противоречит физическим законам, но лишь расширяет теоретическую базу описания, объяснения и предсказания процессов в живых и социальных самоорганизующихся системах, показывает вместе с тем, что физическое объяснение не является универсальным, не может служить, например, объяснению социальных или религиозных конфликтов или, скажем, причин самоотверженного поступка личности. Все это целиком относится к тем процессам, в которых решающая роль принадлежит явлениям сознания.

В развитии НБИКС-конвергенции многоплановая проблема сознания все еще продолжает оставаться как бы на втором плане – во многих комплексных исследованиях фигурирует лишь неявно. Между тем в последние годы все более ясно вырисовывается ее стратегическое значение. Оно проявляется в разных планах НБИКС-конвергенции и роли отдельных ее составляющих. Это заслуживает особого рассмотрения.

Мы говорим обычно о конвергенции всех пяти ее составляющих. Но конвергентные процессы идут неравномерно. Выше уже отмечалось пока еще весьма слабое участие в этих процессах социогуманитарных знаний и технологий. Недостаточно развитым, в ряде отношений отстающим звеном можно считать когнитивные технологии и обеспечивающую их участие в конвергентных процессах систему научных знаний.

В то же время наиболее активную роль в системе НБИКС-конвергенции играют информационные технологии, мощно проникающие во все остальные звенья этой системы, постоянно стимулирующие их развитие и обеспечивающие их кумулятивный эффект. Но общий и наиболее высокий кумулятивный эффект, его оптимальное возрастание, зависит от взаимопроникновения, взаимостимулирования друг с другом всех составляющих системы НБИКС. И не следует забывать, что главной целью этого общего кумулятивного эффекта служат человек и социум.

Безусловно, в развитии НБИКС-конвергенции первостепенная роль принадлежит нанотехнологиям и развитию физического знания, которые в конечном итоге способны определять в ней качественные сдвиги, создавая новые методы исследования и средства преобразования живых систем, в том числе деятельности мозга. Благодаря достижениям нанотехнологий и химических технологий в содружестве с информационными технологиями и методам генетической инженерии были достигнуты выдающиеся результаты в области биотехнологий, расшифрован геном человека и впервые создан искусственным путем одноклеточный организм (знаменитые результаты Крейга Вентера и его сотрудников¹). Преодолевается извечная пропасть между

¹ Крейг Вентер. Расшифрованная жизнь. Мой геном, моя жизнь. М.; Бином, 2015. – 448 с.

живым и неживым. Открываются принципиально новые перспективы для медицины и антропотехнологических преобразований.

Большое значение приобретают сейчас исследования головного мозга, особенно разделы современной нейронауки, нацеленные на изучение и объяснение психических процессов, самого качества субъективной реальности, которая выражает специфическое и неотъемлемое свойство сознания. Это – необходимое условие успешного развития когнитивных технологий, результаты которого, в свою очередь, представляют собой важнейший фактор развития информационных технологий, а оно, как показывают специальные исследования, играет на нынешнем этапе наиболее активную роль в развитии всей системы НБИКС-конвергенции.

В последние два десятилетия нейронаука добилась существенных результатов в изучении психических процессов и феноменов сознания. Эти результаты были связаны с использованием методов визуализации нервных процессов, «картирования мозга», отведения сигналов от отдельных нейронов, методов анализа нейро-психических корреляций с применением нейрокомпьютерных интерфейсов и средств информатики.

На повестке дня, однако, формирование и использование новых методов, создаваемых на основе достижений нанотехнологий, оптохимии, нейрорадиологии, биоинформатики, геной инженерии, которые обладают гораздо большей разрешающей способностью визуализации мозговых процессов. Они открывают возможность фиксировать и изучать те процессы, которые одновременно совершаются в больших популяциях нейронов (насчитывающих десятки, сотни тысяч и миллионы нервных клеток). Именно в таких крупных популяциях нейронов, образующих многомерные сетевые динамические структуры, возникают «эмерджентные свойства» нейронных процессов, которые определяют психические состояния и поведенческие акты. При этом используются новейшие средства информатики, создающие возможность анализировать и систематизировать огромные потоки данных, вплоть до петабайтов информации.

Хотелось бы выделить два перспективных фундаментальных направления нейронауки. Это исследования «зеркальных» нейронов и систем в головном мозге² и исследования специфики мозговых информационных процессов, представляющих явления сознания, того направления, которое именуют «**Чтением мозга**» («Brain-reading»)³. Более точно это направление может быть названо **нейрокриптологией**, ибо оно ставит задачу расшифровки мозговых нейродинамических кодов явлений субъективной реальности (она бы-

² Риццолатти Джакомо, Синигалья Коррадо. Зеркала в мозге. О механизмах совместного действия и переживания. М.: Языки славянских культур, 2012. - 205 с.

³ Дубровский Д. И. Явления сознания и мозг: проблема расшифровки их нейродинамических кодов (Доклад на научной сессии Общего собрания Российской академии наук "Мозг: Фундаментальные и прикладные проблемы", 15 декабря 2009 г.) // Мозг. Фундаментальные и прикладные проблемы. М. : Наука, 2010, с. 128 – 136. спективы и этические проблемы // Журн. высш. нервн. деят, 2012. Т. 62, # 2. С. 1 – 10.

ла поставлена наукой вслед за расшифровкой генетического кода и имеет столь же важное стратегическое значение). В этом направлении достигнуты существенные результаты, особенно в области расшифровки мозговых кодов зрительных образов (работ Мияваки, Нишимото, Гэлбрейта и др). Установлены довольно точные нейродинамические корреляты многих психических явлений, которые успешно используются в нейротехнологиях.

Проблема расшифровки нейродинамических кодов психических явлений является особой задачей, так как включает герменевтический аспект – вопрос о **понимании** информации. Здесь должен использоваться опыт криптологии, лингвистики, этнографии и других социогуманитарных дисциплин. Кодирование и декодирование – ключевое звено информационных процессов в биологических, социальных и технических системах.

Нужно особо отметить, что нейронаучные исследования психических явлений проводятся, как правило, на основе **информационного подхода**, который создает возможность для построения моделей, объясняющих необходимую связь нейродинамических мозговых процессов с явлениями субъективной реальности, а тем самым их каузальную функцию, т.е. способность явлений субъективной реальности служить причиной телесных изменений (психическая при-чинность является видом **информационной причинности**)⁴. Результаты изучения специфики информационных процессов в головном мозге, связанных с психическими состояниями, образуют важнейший ресурс качественно нового этапа развития информационных технологий. Эти вопросы широко обсуждаются в плане проблемы соотношения искусственного и естественного интеллекта.

Дело в том, что сейчас основной массив разработок в области искусственного интеллекта идет по пути, так сказать, независимо от исследований мозга: ставится интеллектуальная задача, и она решается путем изобретательного программирования, использования все более изощренных логических и математических методов. Однако стратегические перспективы развития искусственного интеллекта связаны с углублением понимания нейродинамических самоорганизующихся структур головного мозга, обеспечивающих функционирование естественного интеллекта, реальных процессов мышления, продуктом которого является сам искусственный интеллект, современные информационные технологии.

Качественное различие между ними очевидно. Компьютеру не присуща субъективная реальность, поэтому неправомерно приписывать ему и способность мышления, ибо последняя не может сводиться к логическим операциям, только к тому, что называют «когнитивной компетенцией». Реальное человеческое мышление осуществляется в форме субъективной реальности (взятой в ее рефлексивных и арефлексивных, актуальных и диспозиционных измерениях), оно включает эмоциональные, чувственные и интуитивные составляющие, факторы воображения, веры и воли (которые заведомо отсут-

⁴ Дубровский Д.И. Проблема «Сознание и мозг»: Теоретическое решение. М.: Канон+, 2015.-208 с.

ствуют у компьютера), наконец, реальные акты мышления осуществляются данным конкретным Я и несут на себе его печать. Эти феноменологические характеристики, посредством которых обычно указывают на отличие естественного интеллекта от искусственного интеллекта, выражают вместе с тем структурно-функциональные особенности деятельности головного мозга и специфику осуществляемых им информационных процессов. По сравнению с компьютером в головном мозге, как свидетельствуют данные нейроанатомии и нейрофизиологии, переработка информации совершается одновременно и параллельно по многим каналам, во множестве различных по своим функциям структурах, результаты которой выборочно интегрируются в зависимости от актуализованной цели, наличных интенций, от хода решения задачи. Переработка информации в тех структурах головного мозга, которые ответственны за мыслительную деятельность, совершается отнюдь не по двоичной логической схеме. Скорее эта логика похожа на многозначную логику, в которой число значений истины есть величина переменная (причем число значений истины меняется в зависимости от характера решаемой задачи и разных этапов ее решения). Головному мозгу присуща уникальная **способность самоорганизации**, которая проявляется в развитых функциях вероятностного прогнозирования, весьма эффективной способности сжатия информации, выборки нужных элементов из памяти, эвристического синтеза и другие операциях, которые невозможно приписывать современным компьютерам.

Здесь перед нами встает во всей своей сложности проблема сознания. В психической деятельности человека сознание проявляется в двух формах:

1) наличие у человека субъективной реальности представляет собой данность ему информации в «чистом виде» (это означает, что когда я, например, переживаю сейчас зрительный образ экрана моего компьютера, то мне дана информация о нем как таковая и целиком элиминирован ее мозговой носитель, в котором она необходимо воплощена; я ничего не чувствую, не знаю, что происходит при этом в моем мозге;

2) вместе с тем я могу по своей воле оперировать этой «чистой» информацией в довольно широком диапазоне (изменять содержание и ход мысли, оперировать своими чувственными образами и т.п.). Но способность оперировать информацией по своей воле означает (в силу необходимой воплощенности данной информации в своем определенном мозговом кодовом носителе) не что иное как **оперирование по своей воле соответствующим классом своих мозговых нейродинамических систем**. Каждый из нас, не чувствуя этого и даже не подозревая, постоянно этим занимается (и часто не лучшим образом). В этой способности, однако, коренятся огромные ресурсы **психической саморегуляции** (что, например, показывают нам продвинутые йоги, умеющие с помощью медитации изменять многие вегетативные функции: управлять ритмами сердца, повышать или понижать желудочную секрецию и т.п.).

Субъективная реальность, как продукт деятельности мозга, есть фундаментальная форма виртуальной реальности, создающая все новые и новые

виды своих объективаций (предметных и коммуникативных), все более развитые когнитивные, регуляторные, прогностические, творческие функции, расширяющие границы самоорганизации и самопреобразующей деятельности человека. Поэтому теоретически мыслимы качественно новые уровни антропотехнологических преобразований на основе развития НБИКС-конвергенции. В соответствии с принципом изофункционализма систем и принципом инвариантности информации по отношению к физическим свойствам ее носителя (о них речь шла выше) теоретически мыслимо воспроизведение психических процессов на небиологическом субстрате. Возможно к этому нас приблизит создание квантовых компьютеров и конструирование на этой основе новых систем самоорганизации. Однако это не исключает убеждения многих ученых о больших перспективах **бионического пути**, т.е. пути разгадки оригинальных особенностей мозговых информационных процессов, выяснения необходимых свойств **того типа мозговой самоорганизации**, который создает представленность для системы информации в форме субъективной реальности (в «чистом виде») и способность целенаправленного оперировать ею. Познание такого типа самоорганизации системы позволит создать, благодаря развитию нанотехнологий, подходящий небиологический субстрат для конструирования подобной системы.

НБИКС-конвергенция, таким образом, ставит задачу изучения и преобразования сознания в процессе антропотехнологической эволюции – необходимого условия преодоления глобального кризиса нашей потребительской цивилизации и выхода ее на новый этап развития.

Список литературы

1. Крейг Вентер. *Расшифрованная жизнь. Мой геном, моя жизнь.* М.; Бином, 2015. – 448 с.
2. Риццолатти Джакомо, Синиалья Коррадо. *Зеркала в мозге. О механизмах совместного действия и переживания.* М.: Языки славянских культур, 2012. - 205 с.
3. Дубровский Д. И. *Явления сознание и мозг: проблема расшифровки их нейродинамических кодов (Доклад на научной сессии Общего собрания Российской академии наук «Мозг: Фундаментальные и прикладные проблемы», 15 декабря 2009 г.) // Мозг. Фундаментальные и прикладные проблемы. М. : Наука, 2010, с. 128 – 136.*
4. Иваницкий А. М. «Чтение мозга»: Достижения, перспективы и этические проблемы // *Журн. высш. нервн. деят.*, 2012. Т. 62, # 2. С. 1-10.
5. Дубровский Д.И. *Проблема «Сознание и мозг»: Теоретическое решение.* М.: Канон+, 2015.-208 с.

Библиографическая ссылка: Дубровский Д.И. НБИКС-конвергенция: некоторые теоретические и методологические вопросы // *НБИКС: Наука. Технологии.* 2017. Т.2, №2, стр. 37-45

Article reference: Dubrovsky D.I. NBICS-convergence: Some Theoretical and Methodological Issues // *NBICS: Science.Technology.* 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 37-45

УДК 001.18

Социо-антропологический форсайт и конвергентные технологии

Буданов В.Г.

*доктор философских наук, кандидат физико-математических наук,
главный научный сотрудник Института философии РАН,
заведующий сектором Междисциплинарных проблем научно-технического развития
Института философии РАН.
E-mail: budsyn@yandex.ru*

Аннотация. В работе рассмотрены насущные вопросы адаптации социо-антропологической реальности к настоящим и будущим изменениям в технологической сфере нашей цивилизации. Форсайт анализ проведен для современных тенденций применения конвергентных технологий в революции Индустрии 4.0, Интернета вещей, киберфизической реальности, цифровой экономики. Рассмотрены альтернативы будущего развития и социо-антропологические риски сопряженные с этими процессами, возможные компенсаторные механизмы сохранения человеческой природы. Приведены Umwelt-онтологии эволюционирующей техно-антропосферы.

Ключевые слова. Конвергентные технологии, киберфизическая реальность, блокчейн, интернет вещей, цифровая реальность, клиповое сознание.

UDC 001.18

Socio-anthropological Foresight and Convergent Technologies

Budanov V.G.

*D.Sc. in Philosophy, Ph.D. in Physics and Mathematics,
Chief Researcher of the Institute of Philosophy of RAS, Head of Sector of Interdisciplinary
Problems of Scientific and Technological Development of the Institute of Philosophy of the
Russian Academy of Sciences
E-mail: budsyn@yandex.ru*

Abstract. The paper considers the urgent issues of adaptation of socio-anthropological reality to the present and future changes in the technological sphere of our civilization. Foresight analysis was carried out for modern trends in the use of convergent technologies in the revolution of Industry 4.0, Internet of things, cyber physical reality, digital economy. We consider alternatives to future development and socio-anthropological risks associated with these processes, possible compensatory mechanisms for preserving human nature. Umwelt-ontologies of the evolving techno-anthroposphere are given.

Keywords. Converged technologies, cyber physical reality, blockchain, Internet of things, digital reality, clip-consciousness.

Социо-антропологический форсайт и конвергентные технологии¹

Заявленная тема предполагает разговор о прогнозе и конструировании социальной и антропной сферы в связи с развитием NBICS-технологий. На первый взгляд эти понятия связаны слишком опосредовано, но они, тем не менее, связаны через революцию в техно-антропосфере последнего десятилетия в большой степени основанной на конвергентных технологиях. В первую очередь это Индустриальная революция 4.0, становящийся VI технологический уклад, цифровая экономика, искусственный интеллект, Интернет вещей, киберфизическая реальность, блокчейн и многое другое. Рисовать всю панораму перспектив в объеме статьи нереально, поэтому ограничимся основными трендами последних двух лет и возможными рисками, возникающими в социо-антропосфере.

Сначала поговорим об основных современных трендах нового технологического уклада в проекцию на техно-антропосферу. В едином потоке антропокосмической эволюции техника является закономерным этапом развития человеческого разума и культуры. Современный этап эволюционной динамики характеризуется некими антропологическими, техносоциальными сдвигами и ароморфозами на новые уровни бытия цивилизации. Следуя наукам о сложности (Complexity Sciences), мы стараемся выявить некие эволюционные процессуальные инварианты, например, каким образом в процессе биологической эволюции возникли механизмы рецепции, хранения информации, репликации, как далее это развивалось в культуре, каким образом возникли некие интерсубъективные формы памяти: язык, культура, ритуалы, культурные интерфейсы, которые действовали на своем уровне как технологии.

Последнее десятилетие мы рассматриваем более сложные техно-социальные системы, такие как Интернет Вещей, причем цифра, коды – это никакие не сущности, это прежде всего процессы, и если мы рассматриваем глобальные связи, то мы должны рассматривать процессуально взаимодействие «наблюдателя сложности» (в терминологии В.И. Аршинова) со сложным миром. Тем самым следует помнить о коннекционизме, но в эволюционном смысле: связи – это тоже динамичный процесс – образование связей, эволюция связей, поддержание связей. Например, мотив новых типов сборки коллективных субъектов родился у нас из обсуждения коллективных чатов в мессенджерах (В.В. Чеклецов). То есть, каким образом собирается сегодня, с помощью современных медиа-технологий коллективность субъекта. И, рассматривая техноутопичные модели, которые существуют сейчас: разумные дома, разумные города – следует сделать акцент не на системно-структурном схематичном представлении, а на более живом, сложностном срезе техномагической реальности.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта РГНФ 16-23-01005 и Гранта РГНФ 15-03-00404

Из всего многообразия цифровых трендов этого года, следуя В.В. Чеклецову, можно выделить блокчейн, дополненную реальность, бум криптовалют. Популярность игры «Pokemon Go» за два года также не снижается, это некий показатель важности дополненной реальности, которая как раз заключается в смешении виртуального мира и вот этого реального миров, то есть физического и цифрового в создании некой киберфизической реальности. Тренды блокчейна и дополненной реальности усиливаются трендом слабого искусственного интеллекта, в частности развитием самообучающихся нейросетей. Опять же, если проводить различия между цифровым сущностным подходом и коннекционистским подходом, то как раз пример самообучающихся нейросетей показателен – там есть адаптивные связи, то есть некий «черный ящик» реформатируемых связей, который обучается. Недавно Анатолий Левенчук предъявил яркий пример того, как искусственный интеллект слабый, еще совсем не мудрый, искусственный интеллект может самообучаться, действовать в этом мире уже через платформу блокчейна, через смартконтракты, как активный агент. То есть проводить транзакции, операции, самообучаться и вопрос состоит в том: каким образом нам включаться в эти новые сложные, гибридные объекты, гибридные человеко-машинные системы, которые будут включать в себя искусственный интеллект с функциями выбора цели, стратегического менеджмента, в качестве оценщика сложной ситуации? Каким образом нам коэволюционировать с этим искусственным интеллектом? Для того чтобы гуманитариям не запутаться в технических подробностях, нам с очевидностью необходим специальный язык. Потому что сегодня, когда мы воспринимаем природу, то технологии в буквальном смысле растворяются в ней, есть даже термин «исчезающий компьютеринг» (UbiComp). То есть технологии в идеале становятся неотличимыми от природы, а учитывая тренды саморепликации, самоулучшения технических систем, мы должны выработать какой-то собственный язык взаимодействия с новой техномагической реальностью.

Поясню этот интригующий термин через связь современных технологий с архаическим сознанием. Во-первых, это новый виток развития пространственно-образного мышления, связанный с GPS, картографическими сервисами и т.д. Во-вторых, наблюдается современная ревитализация технологического «анимизма». Здесь уместно вспомнить Акторно-сетевую теорию Бруно Латура и вообще всех последователей объектно-ориентированной онтологии. То есть концепции, где акторами в сложных техносоциальных системах являются не только люди, не только группы людей, но и вещи, так называемые, «нечеловеки». То есть нужно помнить, что в мифопоэтическом сознании акторами являлись действительно одухотворенные предметы тоже. И если вспоминать Интернет вещей, Интернет всего, с помощью RFID-меток вещи учатся запоминать, с помощью процессинга вещи учатся думать, вещи учатся с помощью сенсоров чувствовать. То есть это некая новая техномагическая реальность. То есть мы наблюдаем как среда становится интерактивной, перцептивной и метафора становится объектной. Вещи и процессы свя-

зываются медиатехнологиями в физическом мире, как слова и концепты – в языке. То есть связи уже реализуются на физическом уровне, и разумная среда становится распределенным интеллектом. Очень трудно перевести этот термин – Ambient Intelligence. Показательно, что в этой сложной техномагической реальности на новом уровне возвращаются практики по типу алхимии, что мы сейчас имеем с распределенным производством, с 3D-печатью, параметрическим моделированием и т.д. Сейчас очень легко трансформируются символы в материю и наоборот.

Столь широкий фронт исследования сегодня движется и развивается, в большой степени, благодаря отважным молодым мыслителям, аййтишникам, технологам, методологам, философам. А сейчас уместно посмотреть общий контекст возникновения сегодняшней ситуации и с «птичьего полета», может быть, удастся проще разглядеть дальние горизонты и выстроить необходимые онтологии техно-антропосферы.

Можно было бы взглянуть на путь развития человеческого сознания и культуры вот таким образом. Человеческий мир присутствует и зажат в некоем экзистенциальном треугольнике. Одна из его вершин – это будут Процессы, вторая вершина – это будут Состояния, третья вершина – это Смыслы. Так вот архаическое сознание живет на нижней стороне, границе – «Процессы-Состояния». Если мы обратимся к аутентичным культурам колыбельных цивилизаций африканского континента, то им совершенно чужды и не нужны наши цивилизационные достижения, потому что свое свободное время, которое они очень ценят, они тратят на «добывание» состояний через ритуал. В основном это ритмика, но и соответствующие формы, вхождения в трансовые обрядовые состояния, вплоть до магических практик архаики. Здесь рождение искусства, в том числе не только изобразительного, но и танцевального, музыкального (В.В. Иванов говорил, что в африканской культуре воспитания детей особенно ценятся звуковые игрушки). Конечно, все это развилось и присутствует в сегодняшней культуре тоже, но уже в формах народного и светского искусства.

Следующий этап начался примерно с Осевого Времени. Здесь «осваивается» другая сторона треугольника – «Состояние-Смысл». Если мы обратимся к наследию Конфуция, Лао Цзы, да и, в общем-то, Сократа, хотя в европейской философской традиции нет ничего выше истины. Но кому истина-то дается? Человеку достойному. По Конфуцию это будет «благородный муж», иначе, человек достойный этого знания. Но как он к этому приходит? Он должен иметь некое возвышенное состояние духа, души. Вы скажете: «Да, культура знает дионисийские, шиваитские и иные трансовые практики», но, в конечном счете, западная философия предполагала, что изначальная философия есть своего рода гармоничная духовная практика, хотя у нас сейчас, может быть, иначе к ней относятся. Подобная традиция будет, ну, скажем, с середины, как минимум, первого тысячелетия, всю античность и средневековье, до Возрождения включительно. Да и религиозные пророческие откровения всегда связаны с неким молитвенным приготовлением особого состояния

человеческой души, духа и тем самым способности проникновения в эйдети-ческие миры и Божественный замысел. Даже Ньютон уже в середине XVII века скажет: «Открывая законы природы, я познаю промысел Божий».

Наконец, третья сторона треугольника – «Смысл-Процесс». Это эпоха Просвещения, Новое время, века рациональности и господства науки. Что мы открываем – мы осмысляем Процесс, мы осмысляем процессы в природе, обществе, мышлении. И вот этому, собственно, посвящены последние 300 лет интеллектуальных усилий человечества. Достижения здесь грандиозны. Причем каждый предыдущий этап не уничтожается, а до некоторой степени уходит под доминанту существующего в эпохе. Так рождались все формы познания реальности. Первый этап дал людям практики искусства, мифа, магии; следующий – религиозное сознание, стремление человека к соединению с высшими началами и философский поиск истины; последний – науку и сознание могущества отдельной личности, способной проникать в тайны развития Вселенной. Но, даже в век научно-технического прогресса искусство и религия далеко не умерли в культуре.

Казалось бы, треугольник замкнулся, что дальше? На первый взгляд, должен быть синтез всех форм познания, что ярко манифестировало в концептах теософии, софиологии и ренессанса русской культуры Серебряного века; либо одичание и новый ход к корням архаического сознания, что Н. Бердяев будет называть «Новым средневековьем». Действительно, в XX веке возникает некая диссоциация оснований бытия. Век, в большей степени связанный с великими европейскими войнами на самоуничтожение, приводит к неизбывному интересу к границе, экзистенциальной, в первую очередь, к рождению постструктурализма. Постмодернизм обесценивает два полюса из трех: и полюс состояний, которые теперь становятся аффектами, и пространство смыслов, которые деконструируются. Остается человек наедине с процессом. Процесс как самоценное начало, некая игра в бисер в непрерывных актах коммуникации и аутокоммуникации, стремительно развивающаяся сетевая коммуникация становится фокусом внимания современной философии Н. Лумана, Б. Латура, М. Коллинза.

Какова дальнейшая перспектива? Казалось бы, есть ход на новый круг (треугольник) цивилизационного развития. Действительно, танцполы полны психоделической и фактически ритуальной ритмикой, которая вводит в трансовое состояние молодежь, наркотики этому дополнительно способствуют, а архаизация и радикализация форм протестных движений и гибридных войн свидетельствуют о глобальном кризисе культуры. Однако, в рамках техносферы нашей техногенной цивилизации, возникает иная перспектива синтеза умельцов природы и техники. Напомню, что согласно Якобу фон Икскулью, UMWELT – это ближняя среда обитания организма. Итак, с одной стороны, человек включен в природу, мы рождены ею и жаждем вернуться в Эдем чистого воздуха, экологического благополучия; с другой стороны, мы окружены техносредами порождаемыми различными видами техник. В классическом смысле техника порождена нашими органопроекциями для освоения и

преобразования этого мира, которые затем превратятся в промышленные производства, и техника становится самоценной по М. Хайдеггеру как сверхзадача развития человека и человечества.

Но, уже XX век приводит к тому, что сосуществует несколько сред обитания. Одна из них – природная среда, которая все больше угнетается, а экологическое движение ее пытается сегодня защитить. Вторая среда – техносреда, в том смысле, как понимают ее в период первых трех промышленных революций, с той разницей, что она вдруг обретает субъектность за счет элементов искусственного интеллекта, начинает самореплицироваться, самообучаться, интеллектуализироваться. Здесь мы входим в миры Интернета-вещей и эта реальность действительно вдруг просыпается и так, словно это жизнь маленького ребенка, который, ну, скажем, лет до 2-3 воспринимает все предметы одушевленными. Когда Вы видите малыша, который тут бегаёт, ударится своей головешкой о край стола, он подойдет, еще раз стукнет по столу, он его обидел. Это имманентное свойство психики освоения реальности, и мы как бы возвращаемся в детство, когда магическая форма восприятия была естественна. Что здесь интересно? Техномир становится кибернасыщенным, становится не только диалогичным по отношению к человеку, но и в контактах между вещами, это мир техномагии, населенный какими-то интеллектуальными взаимодействующими сущностями, образующими сопряженную с нами социальность, прообраз цивилизации машин. Но уже существует и третий умвельт, начинавшийся с пилотных тренажеров и геймерства, живущий вне материальной реальности – нейромир, где есть возможность уйти в чисто виртуальное пространство, когда вы продолжаете себя в это пространство через сенсоры, шлемы виртуальной реальности. «Щелчком пальца» Вы оказываетесь в другой части планеты или какого-то фантастического мира, организуете себе встречи, какие-то приключения и т.д. Это очень пластичный мир, это очень удобно, это, казалось бы, вершина мечты человека.

Что же еще? Итак, мы имеем три умвельта как минимум: природный, с которым мы все знакомы; второй – техномир, который все более антропоморфизируется; и третий – это мир наших грез – виртуальный мир. Они, конечно же, взаимодействуют, они потихонечку проникают друг в друга, например, когда мы говорим об игре «Pokemon GO», это уже дополненная реальность, виртуально-физическая. На самом деле в автомобиле у каждого есть навигатор, что уже в каком-то первичном смысле есть дополненная реальность.

Уместно ввести четвертый Сетевой умвельт, у которого две ипостаси – классическая и квантовая природы. Первая природа сети связана с очевидной для нас коммуникативной, коннекционистской функцией сети в режиме локальной каузальной причинности классической теории информации, т. е. с привычными сетевыми интернет-сообществами, работающими в форме обмена сообщений, чатов, форумов, web-конференций, с которой мы связываем новый тип социальности, будущее электронной демократии, цифровой экономики, рекламы, формирования ценностей, управление активностью избирателей и многое другое в наступающем сетевом обществе.

Вторая ипостась – квантовая природа сети начинает осознаваться и осваиваться только сейчас в процессе диалога человека с сетью акторов антропной природы, с рождением нового типа социальности, рождается загадочный умвельт коллективного сознания (или бессознательного), который по видимому отвечает за многие феномены культуры. Вы знаете, что коллективный тип поведения (еще не сознания), в начале XX века в чисто метафорической форме был представлен в работах Курта Левина, который говорил о теории полевого воздействия толпы. Но там «поле» – это скорее метафора, когда человек считывает поведение окружающих возбужденных людей и как бы захватывается этим «полем», возникает «эффект толпы», которая любого интеллектуала редуцирует до почти что животных инстинктов. Обратите внимание на поведение фанатов поп-звезды, болельщиков на стадионе, или феномена штыковой атаки. В случае сетей речь идет о намного более тонких механизмах синхронистичности Юнга, подобных феноменам возникновения архетипов коллективного бессознательного.

В 30-е годы Карл Густав Юнг в поисках объяснения существования архетипов коллективного бессознательного обращает внимание на ряд неких загадочных синхронных фактов одновременных открытий или доказательств теорем, которые десятилетиями не могли быть разрешены; задачи, над которыми напряженно думали лучшие умы своего времени. Им было обнаружено, что решение задачи приходит почти одновременно лишь нескольким людям, которые друг о друге, наверняка, уж ничего не знали, да и решения задач проведены несколько разными способами. Важно, что публикация решения задач занимает сравнительно небольшое время, и поданы статьи бывают в разные журналы, так что о плагиате речи быть не может. Так, словно эйдос своим посещением награждает самых упорных и самых талантливых.

Этот феномен синхронистичности был до некоторой степени объяснен Вольфгангом Паули, великим физиком-теоретиком, одним из создателей квантовой теории. Паули был пациентом Юнга и обладал удивительно мощной психикой, но настолько хаотичной, что экспериментаторы не хотели его пускать в свои лаборатории, там приборы начинали сбивать. Какие-то свои психологические проблемы он решил благодаря Юнгу, и они стали друзьями и соавторами, а многие юнгианские идеи следовало бы называть паулианскими. Паули еще в 30-е годы предлагает квантовую метафору сознания, или квантовую модельную гипотезу, как угодно назовите. Речь идет о делокализации нашего сознания в том смысле, что помимо нейронной элементной базы нашего мозга, где происходят процессы мышления и обработки информации, существует некое когерентное волновое состояние сознания, которое присутствует не только в мозгу, т. е. квантовая волновая функция распределенная в пространстве.

Позже будет предложен эффект Эйнштейна-Подольского-Розена, который объясняет дальние макроскопические корреляции и лежит в основе квантовой криптографии и квантовой психологии. Люди настроенные или когерентные друг другу, например, влюбленные или ближние родственники, они

чувствуют друг друга. Каждый наверняка наблюдал, мы звоним друг другу одновременно и смеемся, что «занято». Совпадение. Ну, если вы посмотрите даже статистические выборки, то далеко не все объясняется вероятностным механизмом. Мать чувствует, что ребенку совсем плохо, а зачастую и наоборот, аналогичные феномены наблюдаются среди влюбленных. Я недавно в ИНИОН-е выступал, мне рассказали безусловные факты. Двухлетний ребенок в истерике бьется, никто не понимает в чем дело: «Моя мама умирает!» А в этот момент в другой стране в больнице его мама находится в критическом состоянии в коме после автомобильной аварии, о которой узнают только через месяц. Но с ребенком аффект происходил в гостях, все это видели и не могли его успокоить. Таких случаев очень много, мистика здесь не причем, хотя уже появился научный термин «квантовое вуду», но я не хочу сейчас вдаваться в споры достоверно-недостоверно. Почему? Потому что сама технология часто опережает теоретические и даже экспериментальные доказательства, правда в информационной сфере, а не психической.

Если говорить о технологиях, то сегодня эти идеи выросли в, так называемую, квантовую информатику. Соответствующие кафедры и центры есть, например, на факультете вычислительной математики и кибернетики в МГУ, в центре Сколково, и не только. Это квантовая криптография защищенных каналов связи, создание квантового компьютеринга, фотоники, квантовой телепортации, основы будущих технологий цифровой экономики, и все они основаны на том же ЭПР-эффекте. А вот, что касается уже антропологической сферы, это так называемые платформы краудсорсинга, что в вольном переводе означает «мудрость толпы». Когда Вы собираете в удаленном доступе множество экспертов, не знающих друг о друге, им задается вопрос, в общем-то, нейтральный для них, они не включены в эту тему эмоционально ярко, и не настолько, что у них есть какое-то предварительное отчетливое мнение. И потом собирается статистика ответов и определяются наиболее вероятные из них. Метод-то старинный, это метод Delphi известный еще с 60-х годов и до сих пор используемый японцами как основной для техно-форсайта. Так вот сегодня, в реальном времени, имея сетевые структуры в Интернете Вы можете легко проводить такого рода экспертизы. Оказывается, что возникают весьма достоверные ответы в условиях практически мизерного количества информации по данному вопросу, с позиций современной теории причинности это выглядит как коллективная гадательная практика. Однако, этим начинают эксплуатировать в прогнозах экономических, финансовых, политических. Основные разработки по теме сегодня ведет военное агентство DARPA в США, которое в свое время создало Web-технологии, корпорацию Google, программы киборгизации человека и искусственного интеллекта.

В научных коллективах собираются также подобные экспертные платформы для того чтобы планировать дорогостоящий эксперимент. Ну, скажем, Вы пытаетесь организовать археологические раскопки где-нибудь в пустыне Гоби, где, как известно, множество останков динозавров. Допустим, что какие-

то места раскопок, где надо их проводить, Вам известны, а про какие-то Вы еще не догадываетесь. Вы делаете подобный опрос среди любителей-археологов, посещающих ваш сайт, и, вдруг, получаете весьма точное попадание по вероятностным распределениям ответов на картах местности – где искать, не только воспроизводящее известную вам информацию, но и неизвестную, которая позже подтверждается на практике. Умвельт коллективного бессознательного, с которым мы сейчас начинаем работать – это квантовое сетевое мышление и сетевой субъект, как угодно его назовите, скорее всего это некий управляемый нами контакт с ноосферой, точнее путь к квантовой онтологии ноосферного мышления. Здесь мы имеет перспективу обогнать любой искусственный интеллект. Если пофантазировать, то Человечество представимо как квантовый суперкомпьютер, в котором обобщенными кубитами являются квантовые сознания каждого из нас. Перспективы создания искусственного интеллекта с подобными свойствами, конечно, где-то совершенно за горизонтом. Технологическая Сингулярность, которую обещают к середине века, когда будет создан искусственный интеллект превосходящий человеческий, и он уйдет в эволюционный отрыв от нашего понимания мира, начнет управлять реальностью и людьми (своеобразный «Sky Net»), оказывается не так уж легко реализуема, т. к. у людей уже будет доступ к Ноосферному Разуму, превосходящему искусственный.

Я говорил о далеких перспективах, а сейчас о ближайших рисках сопряженных с развитием техносферы. Вы наверное знаете, что в конце 2016 года на улицы Лондона выехали первые беспилотные автомобили, управляемые искусственным интеллектом. Никого не сажать за руль не рискнули, поэтому посадили манекены. Какие здесь проблемы? Во-первых юридические – кто отвечает, если авария, если авто наехал на пешехода? Хотя интеллектуальные дроны по воздуху уже давно летают и роботизированные комбайны по полям ходят, а вот автомобиль имеет сопряжение с плохо предсказуемой городской средой и коллизиями человеческого поведения окружающих водителей и пешеходов, здесь все намного серьезней. Это первый момент.

Второй момент – накопление ошибок. Оказывается, что даже если вы берете прозрачный алгоритм вычислений в системах достаточно большой емкости, то ошибки неизбежны, и ответственность тоже должен брать на себя кто-то принимающий решение. Человек или машина, но машина не обладает субъектностью и юридическими правами и обязанностями. Вероятно, поэтому за последний год в Европарламенте дважды поднимался вопрос о наделении искусственного интеллекта юридическим статусом физического лица.

Третий момент. Искусственный интеллект, еще слабый, непрозрачный, и мы не понимаем, почему машина дает тот или иной ответ и: «Почему ты это сказала?» – вопрос к машине – это вопрос не этичный, не корректный. Она сама не знает, почему она это делает. Ну, также, как на вопрос: «Ну, как ты считаешь?» – не всегда мы можем объяснить, почему мы так считаем. Ну, считаю. На этом основана экспертиза, мир обоснованных суждений и интуитивных мнений здесь перемешан. Машинными экспертами становятся обуча-

емые нейронные сети. Да, иногда им удастся представить свой «интуитивный» способ решения в виде алгоритма, решающего правила, но не понятна область применимости этого алгоритма, да и сам он может быть так сложен, что становится бесполезен для человека. И вот здесь возникает вопрос: «Можем ли мы доверить машинам принятие сущностных решений, от которых зависят жизни людей, будущность, начало войн и т.д.?». Возникает ключевой вопрос этики в отношениях человек-машина. Либо этика первородства, как вчера и сегодня – они наши дети, они недоинтеллект. Либо этика сотрудничества и той товарищеской любви агапэ, о которой сегодня уже говорили. Это большой цивилизационный выбор для человечества сегодня, от которого зависит стратегия будущего развития Мира.

Поясню еще, в чем отличие нейросетей от сопряженного с нами искусственного интеллекта первой волны. Например, шахматный компьютер, обыгрывающий чемпиона мира, в память которого мы, как говорится, внесли лучшую часть ноосферы всего мирового шахматного сообщества, все партии заложили за 100 лет, и он просто быстрее нас перебирает варианты ходов – ничего тут нет удивительного, и алгоритмы прозрачны. У нас же речь о другом идет – нейро-сеть человек не понимает в принципе.

Ну, и, наконец, давайте займемся всемогущими суперкомпьютерами. Пусть будут не нейросети, а настоящие алгоритмические вычисления, вот о которых говорится в тесте Тьюринга: человек перед нами или машина все-таки? Может суперкомпьютеры решат все наши проблемы? Оказывается это тоже иллюзия. Ведущие сотрудники Института прикладной математики РАН утверждали, что точка невозврата в общении с суперкомпьютерным искусственным интеллектом уже пройдена почти 10 лет назад и приводили яркий пример общения программ, насчитывающих более миллиона операторов. Представьте себе две крупные фирмы, которые заняты слиянием. В каждой из них (допустим, фирмы фармацевтические) имеются огромные базы номенклатуры, логистики, документооборот безумный. И вот два суперкомпьютера от этих фирм вступили в контакт и создают единый документооборот. Так вот попытка их корректировки со стороны оператора, это при том, что законы робототехники вроде бы они выполняют, приводит к следующему – эти компьютеры начинают обманывать своего хозяина. Они говорят: все окей, все нормально, мы все сделаем, что Вы говорите. А сами: ну, куда ты несмышленный лезешь, мы же ведь лучше понимаем, вот подожди немножко, мы сейчас закончим, потом все будет нормально. Вот как это объяснить? По-видимому, они делают это из благих намерений, рефлексивно полагая, что так полезнее хозяину, и законы робототехники не нарушены. Поэтому искусственный интеллект с развитой рефлексией обладает некой сложно предствимой для нас субъективной перспективой, хотя мы вынуждены будем все больше на него опираться.

Еще одна проблема и, одновременно, мотиватор развития – когнитивный барьер в принятии решений, барьер управляемости сложностной реальностью с помощью человеко-машинных систем. Обычно рассуждения таковы:

суперкомпьютер сейчас редуцирует, упростит все сложные процессы до нескольких параметров порядка, вы с ними поиграетесь, проанализируете и сами примете решение, т. е. вам сохранена свобода воли. Однако, Джорж Миллер еще в 1956 году опубликовал статью «Магическое число семь, плюс-минус два: некоторые ограничения на нашу способность к обработке информации». В ней говорится, что большинство людей способны держать в голове одновременно 5-9 вещей. Тем не менее более недавние исследования показывают нам то, что пределы памяти скорее всего еще ниже, и составляют всего четыре вещи, которые мы можем держать в голове одновременно. Тем самым, параметров порядка с которыми мы можем еще как-то работать в среднем не более 7 (у эволюционно ближайшего к нам шимпанзе Баноба – 6) – это имманентное свойство человека в реальном времени следить и взаимоотноивязывать 7 параметров, это же и предел нашей эффективной коммуникации в среднем не более 7 человек. А если параметров 25, и дальше не редуцируются, что тут будешь делать, время уходит, а надо решать задачу онлайн, например в современном воздушном бою. Будущие поколение истребителей-дронов будут быстрее во всех отношениях, пилот уже сейчас стал самым слабым местом, физиологически и интеллектуально в боевой машине. Мировой бум цифровой экономики и Индустрии 4.0. с опорой на AI связан с надеждой решить сверхсложные кризисные проблемы управляемости в мировых финансах, рынках и производства. И вот тут наступает момент истины. Мы так или иначе должны будем начать доверять машинам или сознательно притормозить развитие искусственного интеллекта, последнее навряд ли возможно. Недоверчивые, очевидно, потеряют конкурентное преимущество в экономике, военном деле, финансах, управлении. Смена этики в отношениях нас с этим киберфизическим умвельтом неизбежна – буквально вопрос нескольких лет, но это и прямая дорога к миру тотального превосходства цивилизации машин, путь к Технологической Сингулярности, о чем я уже говорил, влекущем новые экзистенциальные вызовы для человечества.

Теперь допустим что мы попытаемся создать симбиотическую форму общей культуры – машинной и человеческой. Очевидно, что это практики взаимного обучения людей и машин. То, что мы их учим не удивительно, однако уже появляются обучающие программы и антропоморфные аватары, которые могут стать кумирами людей, обладая тонкой эмоциональностью и талантами. Можно создавать «дядьку», который будет воспитывать ребенка – аватара, который будет давать Вам эти знания, будет говорить на языке блокбастеров, диалекте исчезнувшего племени или классической литературы XIX века, чтобы это было очень похоже на человека, хотя он не сможет вести разговоры о смысле жизни, метафизике или помочь Вам решить экзистенциальные проблемы. Уже сегодня возможно воспитание аватара-друга, ангела-хранителя, конкретного человека или гейши-аватара. Это на первых порах воспроизведение человеческих качеств, но далее социум аватаров может стремительно самообучаться и эволюционировать и, кто знает, чему может научить человечество.

Ну и, наконец, здесь еще одна перспектива – вы можете «оставить» эту бренную Землю, оставшись на ней в препарированном виде. Мы станем стройными рядками – мозги в аквариумах, головы «Профессора Доуэля», все остальное атрофируется, не нужно, достаточно лишь соответствующие сенсоры подвести и питательные среды, чтобы давали импульсы в мозг, эмоции все сохранены и интеллект тоже, и мы сбежали в нейромир. Проблемы экологии решены и вокруг прекрасная девственная природа, только непонятно для кого она. Проблема питания и перенаселенности, проблемы ресурсов человечества решены тоже, мы спасли планету! Уйдя в нейрореальность, наши редуцированные субстанции остались, но там-то что? А там возникает очень интересная возможность продлить, точнее, построить новый эволюционный треугольник, но уже в качестве творцов нейро-космоса. Мы не знаем законов новой природы, так давайте их напишем, и если здесь законы этого природного космоса уже есть, и их надо постичь и использовать, то там Вы вправе создать его сами. Мы создадим обитателей нейромира, законы нейросоциума, свои религии, духовные аттракторы, эгрегоры, идеологии, хотите уже известные сегодня, хотите иные.

Что это сулит человеку в ближайшее время? Нейромир и наша реальность могут пересекаться в дополненной реальности, как в игре «Pokemon go». Например, в нейромире Вы легко создаете своих клонов по образу и подобию, но лишь с элементами свободной воли. Здесь-то вроде запрещено, а там, не вопрос. Так происходит делегализация человеческой личности, Ваши копии, достаточно интеллектуальные (сильный искусственный интеллект не обязателен) и с элементами субъектности могут осуществлять одновременно во многих местах наши земные практики, например, торговать за вас, совершая на бирже какие-то сделки и т.д. Вы все менее автономны, и позже этот клуб имени вас будет действовать от вашего имени, собираться на ваш юбилей пращура с биологически примитивным организмом, вы будете «Адамом» этого проекта, сообщества имени себя.

Вот такие перспективы тоже вполне возможны, они уже сейчас проявляются, когда вы наблюдаете молодых ребят, живущих в распараллеленных системах коммуникаций. Когда вы общаетесь с десятью людьми сразу, то вы все время меняете личину, подхватываете ту тему разговора, тот образ, с которым вы работали в той сети или с тем, соответственно, визави, и это очень увлекательная практика. Однако возникает известная у актеров психологическая проблема: насколько вы отождествляетесь эмпатически соединяетесь с той или иной персоной, настолько трудно потом вернуться к себе, как сохранить ядро своей личности? Личность может быть диссоциирована, что является достаточно серьезной экзистенциальной угрозой и дорогой к шизофрениии, а в виртуальном пространстве решение проблемы, напротив, заключается в доверии частичных компетенций и доли ответственности и воли своим клонам-аватарам, своим иным «я», что является конструктивной диссоциацией «я», ранее неизвестном в антропологии.

Вообще говоря, здесь возникает следующий ход на описанный ранее эволюционный треугольник, и он вполне возможно будет связан с неким ароморфозом уже самого человечества. Кто-то готов принять вызовы, уйти в этот умвелт путешествий, кто-то хочет остаться в этой реальности. Более того, кто-то войдет в трансовые миры второго круга архаики, для этого, пожалуйста, есть сегодня всякие резонансные формы массового и элитарного искусства. А кто-то пойдет другим путем – краудсерсинговым доступом к Ноосфере и будет развивать интуицию, в которой возникает определенная новая этика – этика запрета на лукавство. Дело в том, что как только вы начинаете обманывать сами себя или предавать себя, а на самом деле, если у вас подлинная коммуникация, то вы обманываете и ближнего, и ваша интуиция умирает. Поскольку состояние открытой когерентности при этом вы утрачиваете, то вы утрачиваете и способность к интуитивному каналу. Поэтому этика не делать дурного – это старая этика. А вот здесь будет этика – даже не мысли дурного. То есть ты будешь отвечать за мысли, они не явлены, но сам факт вот этих разрушительных начал мысленных будут вас лишать сил и способностей.

Вот такого рода грядут перспективы соединения этики и технологии, но какой? Технологии внутреннего мира. Я напомним, что всегда была и есть технология не только материальная, но и технология психо-ментальная и телесная, например, у греков это было искусство и фехтование, спорт и ментальные игры. На Востоке это сохранилось как технологии обобщенной телесности: йоги, допустим, или технологии медитации и мышления, если говорить о буддистских практиках. Интеллектуальные технологии на Западе, мы только сейчас начинаем осваивать. И человечество вполне может выбрать себе другую техносферу – техносферу внутренних миров человека, а не современных технических устройств, которые в каком-то смысле являются заменой наших внутренних миров. Кибер-пространство и техномагия являются своего рода зеркалом для тех медитативных состояний, в которые человек может попасть или наркотических состояний, в которые некоторые так стремятся.

Добавлю, что издержки быстрых потоков информации мы наблюдаем и в форме клипового мышления, оно очень захватывает молодые умы. Я не хочу сказать, что оно не свойственно и взрослым, просто есть возраст, в котором нельзя допускать клиповости, потому что у ребенка есть онтогенетический период, необходимый для научения его эмпатии. Если Вы хотите понять ближнего, Вы должны вслушиваться в него: мы с тобой одной крови. Что ты говоришь, и я слушаю тебя. Так вот клиповое мышление не терпит вслушивания. Если ребенок это не освоил, то он не может понимать искусство классическое, он не сможет держать долго мысль в классической литературе и научном дискурсе и т.д. Вот в этом и есть опасность клипового мышления. А так, в принципе, клиповость есть одна из информационных техник жизни в сегодняшнем виртуальном мире. Но не в ущерб возможности вчувствования

в реальность, которая требует определенных образовательных стратегий в юном возрасте, точнее, в допубертатном периоде развития.

Мы рассмотрели лишь основные ближайшие риски проекций конвергентных технологий, но далеко не все, а в ближайшее время могут появиться новые риски, сопряженные с цифровой экономикой.

Список литературы

1. Буданов В.Г. Синергетика и теория сложности: междисциплинарный подход Курск, 2016. Том Часть 1 Принципы. Методология. Образование
2. Аршинов В.И., Буданов В.Г. Системы и сети в контексте парадигмы сложности Вопросы философии. 2017. № 1. С. 50-61.
3. Чеклецов В.В. Блокчейн, покемоны и промышленный интернет Философские науки. 2016. № 10. С. 140-147

Библиографическая ссылка: Буданов В.Г. Социо-антропологический форсайт и конвергентные технологии // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 46-59

Article reference: Budanov V.G. Socio-anthropological Foresight and Convergent Technologies // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 46-59

Структурная (беспигментная) окраска

Кричевский Г.Е.

*доктор технических наук, профессор,
Вице-президент Нанотехнологического общества России,
gek20003@gmail.com*

Аннотация. Под структурной окраской понимают беспигментную окраску, которая возникает в результате взаимодействия света (видимой части) с упорядоченной наноструктурой слоев, узорчатой сотовой структурой нанообъекта при возникновении физических (оптических) явлений рефракции и интерференции. Такая структурная беспигментная окраска часто встречается в живой природе (крылья бабочек, перья птиц, окрас обитателей морей) и в неживой природе (опалесцирующая поверхность ракушек). Структурная окраска принципиально отличается от окраски пигментной. Причиной последней является избирательное поглощение, отражение или пропускание видимой части спектра, обусловленное химическим строением молекул пигментов или красителей, содержащих специфические хромофорные группы, имеющие цепочку сопряженных двойных связей определенной длины. В природе часто структурная окраска соседствует с пигментной окраской. Рукотворное окрашивание материала до последнего времени было основано на присутствии в них пигментов или красителей. Принципы структурной окраски начинают использовать в различных областях техники.

Ключевые слова. Структурная окраска, беспигментная окраска, природная окраска, наноструктуры, нанообъекты, нанотехнологии, окрашивание материалов.

Structural (pigmentless) coloration

Krichevsky G. E.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice-President of Nanotechnological Society of Russia,
gek20003@gmail.com*

Annotation. Structural coloration is a pigmentless coloration which is a result of the interaction of light (the visible part) with the nanostructure of the layers, the patterned structure of the nanoscale object at the appearance of physical (optical) refraction phenomena and interference. This structural pigmentless coloration is often we can often face in wildlife (butterfly wings, feathers of birds, the inhabitants of the seas) and in inanimate nature (the opalescent surface of shells). Structural coloration is fundamentally different from the pigmental; the reason is a selective absorption, reflection or transmission of the visible part of the spectrum due to the chemical structure of pigment molecules or coloring pigments, which contain spe-

cific chromophore groups with a chain of conjugated double linkage of a certain length. In nature, often the structural coloring coexists with pigmentation. Man-made painting of the material for a long time was based on pigments in the materials. Principles of the structural staining are used in various fields of engineering.

Keywords. Structural coloration, pigmentless coloration, natural coloration, nanostructures, nano-objects, nanotechnology, coloring materials.

Структурная (беспигментная) окраска

Бабочка

*Ты прав. Одним воздушным очертаньем
Я так мила.
Весь бархат мой с его живым миганьем -
Лишь два крыла.
Не спрашивай: откуда появилась?
Куда спешу?
Здесь на цветок я легкий опустилась
И вот - дышу.
Надолго ли, без цели, без усилья,
Дышать хочу?
Вот-вот сейчас, сверкнув, раскину крылья
И улечу.*

/Афанасий Фет

На самом деле они не такие уж бездумные и бесцельные эти бабочки. У них много функций и выполняют они их весьма рационально, искусно, эффективно средствами, которыми мы еще не овладели, а только приступаем к их осмыслению и применению.

Взгляд химика-колориста на проблему

До последнего времени химики-колористы считали, что окраска материалов, в том числе текстильных, обусловлена наличием в субстрате окрашенных (красители, пигменты органического, неорганического происхождения, природные, синтетические) веществ, способных поглощать какую-то часть лучей видимой части спектра и пропускать (прозрачные материалы) или отражать (непрозрачные материалы) непоглощенные. Последние попадают в глаз на биосенсоры (колбочки), вызывают специфические электрические импульсы, передающиеся в определенную часть головного мозга, где формируется ощущение окраски (цвета). Так учили студентов – будущих специалистов по синтезу красителей и их применению, так было написано в учебниках.

Но сравнительно недавно, лет двадцать тому назад, когда интенсивно начали развиваться нанотехнологии, нанонаука, наноинженерия, как междисциплинарные области знаний и техники, когда они соединились с био- и информационными технологиями, прихватив в компанию еще и когнитивные науки (психическая деятельность, работа мозга, визуальное восприятие мира), оказалось, что природа многие миллионы лет как «суперколорист» может создавать окраски и без участия окрашенных веществ только за счет организации геометрически строго упорядоченных структур (слои, решетки, кружева, набор бороздок) порядка наноразмеров. При взаимодействии света с такими структурами, наноэлементы которых соизмеримы с длиной волны света, происходят явления интерференции, дифракции и рассеяния света, в совокупности, приводящие к тому, что мы видим субстрат окрашенным. Этот механизм окрашивания в отличие от общеизвестного «химического» (за счет окрашенных веществ) основан на оптических принципах.

Окраска такого физического, оптического происхождения получила название «структурная окраска». В природе многообразная окраска насекомых, птиц, рыб, морских моллюсков, растений обусловлена или наличием в их структуре окрашенных веществ, или наноструктурой, или их комбинацией. У природы широкий выбор, спектр возможностей придать материалу (живому и не только) окраску.

Рукотворное окрашивание материалов до самого последнего времени основывалось только на использовании окрашенных веществ. До 1856 года с помощью природных, извлеченных из растений и животных, а после 1856 года, когда В. Перкиным был произведен синтез первого синтетического красителя мовеина, с использованием синтетических красителей.

С развитием междисциплинарной науки – биомиметики (изучение, подражание, совершенствование природных биотехнологий, исследования детального физического, оптического, фотонного механизма наноструктурной окраски в животном и растительном мире), начались первые успешные попытки имитации природных технологий формирования структурной окраски. Основанные на этих принципах технологии имеют ряд преимуществ перед традиционным колорированием с помощью окрашенных веществ:

- экологичность: не надо синтезировать красители и очищать окрашенные технологические стоки;

- преимущества «холодной» новой технологии перед «горячей» традиционной;

- очень высокая устойчивость к свету, так как в традиционной окраске свет разлагает хромофор окрашенного вещества, а наноструктура устойчива к действию света, окраска в живом объекте работает, пока жив биообъект.

Проблемы структурной окраски:

- необходимость использования сложнейших нанотехнологий с точным контролем на наноуровне сформированных структур;

- необходимость обеспечить механическую (к трению, на растяжение) прочность структурной окраски;

Широкий интерес нанотехнологов к феномену структурной окраски возник сравнительно недавно и, как правило, в популярных книгах и статьях в качестве яркого примера используется яркая окраска бабочки семейства *Morpho*. Эта фотография кочует из одной статьи по нанотехнологии в другую, из одной презентации в другую. Этой бабочке повезло больше всех, а ведь чудесная структурная окраска присуща значительной части окружающего нас живого мира. Натуралисты тысячи лет изучают природу в её полной палитре цветов, а первым физиком, попытавшимся понять механизм структурной окраски, был Хуке (Нооке, 1665 г.).

Будучи по образованию химиком, а по практическому направлению работы традиционным химиком-колористом, я не ожидал, что столкнусь с определенными трудностями при написании статьи про структурную окраску:

- количество книг и оригинальных статей по данной проблеме (более 800) не меньше, чем по всей нанотехнологии, правда, нанотехнология начала формироваться всего около 50 лет тому назад, а первая работа (книга) по структурной окраске была написана Хуке более 350 лет тому назад;

- подавляющее большинство этих публикаций имеют физическую (оптическую, фотонную), биологическую основы, что мне, как химику, было не просто усвоить и обобщить, но пришлось.

Эта статья предназначена в основном для химиков-текстильщиков, химиков-колористов, для которых проблема структурной окраски совсем новая и пока еще не очень близкая. Но моя интуиция подсказывает, что не далеко то время, когда эта междисциплинарная технология займет свое достойное место в палитре колористов широкого профиля. Структурная окраска тесно связана с наномиром и одновременно представляет интерес для всех колористов-химиков, а теперь и колористов-физиков.

История изучения структурной окраски

Структурная окраска в живой природе, как и сама жизнь, существует 500 млн. лет по современным научным оценкам, а научное изучение ее сущности, механизма началось только в 17-ом веке нашего столетия. Первая научная работа принадлежит англичанину Хуку (Нооке, 1665 г.). В его книге «*Miscographia*» ученый описывает окраску хвоста павлина и утки и объясняет её природу. На основании того, что их окраска исчезает, если на перья капнуть водой, автор делает вывод (очень важный и близкий к истине), что окраска формируется пакетом из слоев тонких пластин и воздуха, способных сильно отражать свет. Исаак Ньютон (1704 г.) в труде «*Opticks*» пишет, что радужная окраска хвоста павлина связана с тониной прозрачных участков хвоста. В дальнейшем, более чем через 100 лет, толкование природы удивительных многообразных окрасок в живой природе начали основывать на появившейся электромагнитной теории Максвелла (Maxwell, 1873 г.) и экспериментальных данных о свойствах электромагнитных волн Герца (Hertz, 1884 г.). Фундаментальные свойства света (отражение, рефракция, интерференция, дифракция) были на количественном уровне изучены и объяснены, и поэтому стали

активно использоваться для изучения и объяснения природы окраски в живой природе. Были предложены две гипотезы формирования в природе окрашенных материалов:

- Теория «Surface-color» (поверхностная окраска) (Вальтер, 1895 г.), трактующая, что окраска живых существ – это проявление свойств окрашенных пигментов, находящихся на поверхности и отражающих падающий свет. Эта теория понятна, ее суть базируется на известных в то время знаниях о практическом колорировании, где все технологии колорирования на протяжении нескольких тысячелетий основывались на использовании окрашенных веществ (пигменты, красители). Особенно большие успехи имели эти технологии в Англии того времени.

- Теория «структурной окраски», основанной на физике цвета. Сторонник теории «структурной окраски» лорд Рэлей (Rayleigh, 1917 г.) проводил эксперименты и вывел формулу для выражения свойств отраженного света регулярных слоистых структур. Используя собственную электромагнитную теорию, он установил, что окраска двойного кристалла, старого потрескавшегося стекла и, окрашенная поверхность жучков и бабочек обусловлена не наличием в них пигментов, а структурой этих материалов.

Обе теории разделили физиков того времени на два лагеря. Вальтер объяснял изменения окраски при изменении угла падения света, при его поглощении. «Поверхностную» теорию пытался подтвердить Михальсон (Michalson, 1911 г.), который проводил эксперименты по отражению света поверхностями с металлическим блеском (жук скарабей, бабочки семейства *Morpho*) и показал, что они ведут себя аналогично поверхностям тонких пленок, содержащих красители.

Позже (20-ые годы XX века) это подтвердилось при микроскопическом (обычный микроскоп) изучении природных окрашенных тканей, имеющих радужную с металлическим блеском окраску, и подтвердили роль интерференции в тонких слоях живых тканей.

Эти исследования натуралистов привлекли интерес физиков. Большой вклад в изучение этой проблемы внесло использование в 30-40-ые годы XX века появившейся электронной микроскопии. С ее помощью была изучена структура тонких слоев кератина (основного вещества перьев птиц), чередующихся со слоями воздуха, и показано, что такая структура является причиной радужных окрасок оперения птиц. Эти же методы электронной микроскопии крыльев бабочек семейства *Morpho* выявили, что их разнообразная окраска возникает за счет структуры чешуек крыльев бабочек.

Эти исследования послужили мощным импульсом исследований (1960-1970 гг.) упорядоченных биологических окрашенных микро- и наноструктур перьев птиц, покрова насекомых, чешуи и кожи обитателей морей и океанов. Систематические исследования продолжились до конца прошлого века и еще больше усилились в начале 21-го века и продолжают до сих пор.

Установлено, что структурная окраска, обусловленная микро- и наноразмерностью ее элементов может выступать самостоятельно или в комбинации

с «абсорбционной окраской» за счет пигментов и красителей; что структурная окраска обусловлена взаимодействием света с тонкими слоями и дифракционными решетками биологических тканей; что помимо усиленного отражения и рассеяния света может происходить резкое снижение их интенсивности (отрицательная, деструктивная интерференция), которая используется в конструкции фасетного глаза некоторых насекомых (моль); что в природе (моллюски, грибы) существует биоиллюминация, тоже связанная со структурой.

К сожалению, в отличие от биологов физики мало продвинулись в понимании механизма формирования природных окрасок по сравнению с теорией лорда Рэля, хотя прошло уже почти сто лет, как он изучал эту проблему. Однако, имеются попытки инженеров и ученых-оптиков использовать принципы структурной окраски биообъектов, в лаках и красках, в автомобильной промышленности (фары), косметике, дисплеях, в колорировании текстиля, волокон с наноструктурой поверхности и т.д.

Разработчикам в этом направлении необходимо принимать во внимание, что регулярные наноструктуры в природе выполняют функцию генерации окраски и многих других свойств, например, гидрофобность природных тканей.

Периодичность структуры

Существующие в природе структурные оптические системы трудно не заметить (пройти мимо). Они отличаются широким цветовым охватом, яркостью, металлическим блеском, радужностью и отличаются от обычных объектов и поверхностей, окрашенных только пигментами. Еще Рэлей заметил, что эти «оптические системы характеризуются размером, периодичности соизмеримой с длиной волны падающего света, т.е. 10-100 нм».

Очень важно для оптических свойств структуры, что её периодичность существует в плоскости или в пространстве (1D, 2D, 3D), т.е. в скольких направлениях может изменяться (контролироваться) поток падающего света (1D, 2D – дифракционная решетка, 2D, 3D – объемная структура – фотонный кристалл).

Основные понятия о физике света

Эти понятия, без которых трудно объяснять принципы структурной окраски, поскольку она является результирующей взаимодействия света и материи: интерференция, светорассеяние, дифракция.

Интерференция света – нелинейное сложение двух или нескольких световых волн. Это явление сопровождается чередующимися в пространстве максимумами и минимумами интенсивности.

$$\Delta d = n(AB + BC) - AD$$

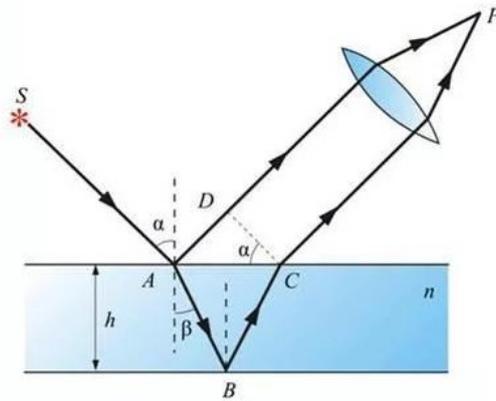
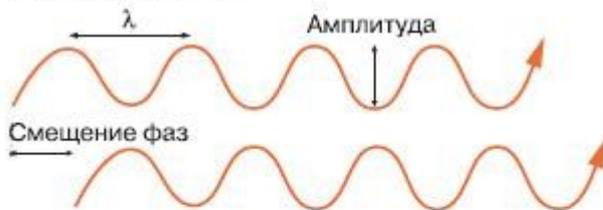


Рис.1. Явление интерференции в тонком слое

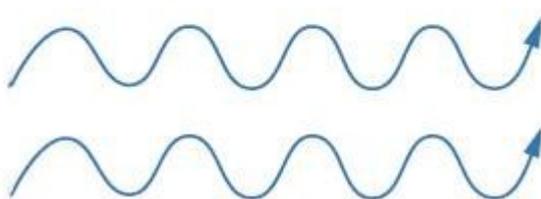
Несовпадение фаз



Деструктивная интерференция

Отражения нет

Совпадение фаз



Конструктивная интерференция

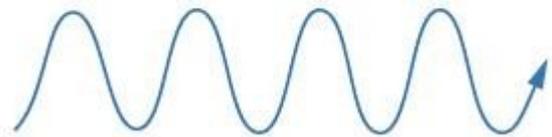


Рис. 2. Два вида интерференции

Впервые явление интерференции наблюдали независимо друг от друга Роберт Бойль (1627-1691 гг.) и Роберт Гук (1635-1703 гг.): разноцветная окраска тонких пленок (интерференционные полосы), которые мы наблюдаем при растекании масляных пятен на воде и радужной окраски детских мыльных пузырей.

В 1801 г. Томас Юнг (1773-1829 гг.) объяснил явление интерференции, ввел этот термин (1803 г.) и объяснил физическую природу окраски (радужность) тонких прозрачных пленок.

Светорассеяние (или диффузия цвета) – незеркальное отражение света, например, матовыми поверхностями тел. Цветное светорассеяние или дисперсия – разложение белых или вообще сложных цветных лучей на более простые в следующих явлениях:

- преломление в прозрачных телах;

- преломление в телах, поглощающих некоторые лучи (аномальная дисперсия);
- дифракция нормальная;
- вращение плоскости поляризации;
- расхождение оптических лучей разных цветов в двуосных кристаллах.

Дифракция (diffracties – перманентный, *лат.*) – явление, при котором происходит отклонение от законов геометрической оптики при распространении волн.

Первоначально понятие «дифракции» относили только к огибанию волнами препятствий, но в современной оптике дифракцию связывают с широким кругом явления, возникающих при распространении волн в неоднородных средах.

Дифракция волн может проявляться:

- в преобразовании пространственной структуры волн: огибание волнами препятствий; расширение угла распространения волн или их отклонения;
- в разложении волн по частотному спектру;
- в преобразовании поляризации волн;
- в изменении фазовой структуры волн.

Дифракция Брэгга – получила свое название в честь отца и сына Брэггов (Уильям Генри и Уильям Лоренс), открывшие дифракцию рентгеновских лучей на кристаллах (1913 г.); получили Нобелевскую премию в 1915 году. Явление сильного рассеяния волн на периодической решетке рассеивателя при определенных углах падения и длинных волн. Простейший случай – рассеяние света на дифракционной решетке.

Что такое структурная окраска?

Мир, окружающий человека цветной, «окрашенный», таким он воспринимается нами, нашими органами зрения, что является результатом с одной стороны взаимодействия света (электромагнитного излучения) и материи и возникающих при этом оптических явлений (отражение, дифракция, интерференция). Последние воздействуют на наши биосенсоры (глаза), которые переводят оптические сигналы, т.е. лучи определенной длины волны видимой части спектра, в электрические импульсы, попадающие в определенную часть мозга и вызывающие наши ощущения в виде цветов, оттенков и рисунков.

Благодаря этому общему механизму мы видим цветными, окрашенными всех бесчисленных по многообразию цвета и рисункам представителей флоры и фауны и неживой природы (цвет неба, моря, минералов, песка и т.д.). Цветной мир нашей планеты существует независимо от нашего сознания, которое воспринимает этот мир цветным, благодаря очень сложному механизму восприятия цвета, физиологии мозга и устройства глаза. Но человек не одинок в животном мире, как обладатель цветного зрения. Последнее является результатом многомиллионной эволюции развития животных от самых простейших до самых сложных – человека.

Психология, сознание, мироощущение и мировоззрение человека не в последнюю очередь связана с его способностью к цветному зрению. Если бы оно было черно-белым, и мир бы воспринимался черно-белым, то человек был бы другим, его эволюция пошла бы другим путем и современная цивилизация была бы тоже иной. Связь между цветным восприятием мира человеком, красочностью окружающей среды проявляется в словаре народов, населяющих разные географические зоны, с различным набором растений, животных, окраски неживой природы. У жителей Африки, юго-восточной Азии, Латинской Америки набор слов, определяющих цвета и оттенки гораздо богаче, чем у жителей северной Европы, у народов севера России.

Природа, особенно живая, демонстрирует чрезвычайно разнообразный, порой удивительный набор окрасок и рисунков, способных видоизменяться в зависимости от местности, температуры, приближения «врага» (хищники) или брачного партнера и т.д. Окраска, рисунок представителей живой природы выполняет множество функций, развитых и закрепленных эволюцией: мимикрия, отпугивание, привлечение и прочее. В случае способности окраски и рисунка изменяться при изменении условий, что демонстрируют многие морские рыбы и животные, ее называют «умной» окраской.

Как было сказано в введении, в природе два механизма возникновения цвета, окраски:

- первый механизм хорошо известен всем колористам – механизм окрашивания за счет присутствия в субстрате (твердый, жидкий) окрашенных веществ (красителей, пигментов), поглощающих лучи видимой части спектра определенной длины (от 400 до 750 нм); в результате окрашенный ими материал пропускает (прозрачный) или отражает (непрозрачный) лучи видимой части спектра за вычетом поглощенных, и мы ощущаем окраску определенного цвета. Такой механизм можно назвать «химическим» (красители и пигменты – химические вещества определенного химического строения, имеющие хромофорную часть, ответственную за поглощение видимых лучей) или абсорбционным (окрашенные вещества избирательно поглощают, абсорбируют видимый лучи);

- второй механизм, как и первый, хорошо известен натуралистам, изучающим флору и фауну, и до последнего времени неизвестный колористам, привыкшим формировать окраску, цвет на различных материалах (текстиль, дерево, металл, керамика и др.) с помощью красителей и пигментов. Этот механизм связан, обусловлен не наличием в субстрате окрашенных веществ, а наноструктурой материала, ее организацией, геометрией, упорядоченностью и т.д. Элементы этой структуры (дырки, пластинки, штрихи, слои многослойных пакетов и т.д.) соизмеримы с длиной волны лучей видимой части спектра, т.е. имеют наноразмеры. При взаимодействии света с нанoelementами этих упорядоченных структур происходит явление дифракции, интерференции, рассеяния, отражения. В итоге в зависимости от размера, упорядоченности, геометрии нанoelementов мы наблюдаем, ощущаем окраску всей широты спектра, в том числе, глубокий черный и белый цвета, радужную,

опалисцирующую окраску, изменение цвета в зависимости от угла зрения наблюдателя и даже свечение окраски. И все это благодаря вариациям в организации (в широком смысле) наноструктуры и, как следствие, ее оптических свойств.

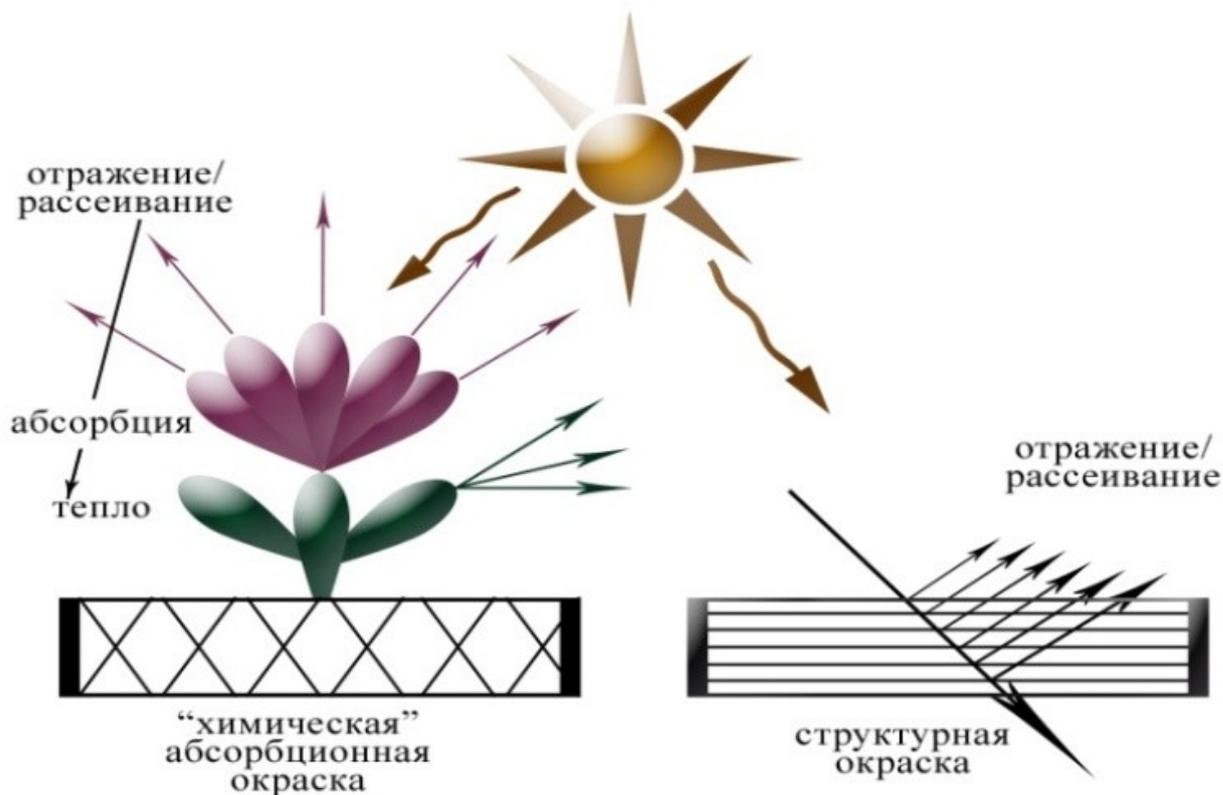


Рис. 3. Химический и структурный механизмы формирования окраски

На рисунке 3 схематично представлены два механизма формирования окраски («химический» – абсорбционный и структурный).

В основе структурной окраски лежат следующие явления: 1) интерференция в тонких пленках; 2) интерференция в многослойном пакете тонких пленок; 3) дифракция света при прохождении через структуру решетки; 4) светорассеивание; 5) фотонные явления на кристаллах.

Окраски имеют одну природу, но последняя характеризуется тем, что она изменяет окраску, цвет, оттенок в зависимости от угла зрения наблюдателя. Интерференция света в тонких пленках обуславливает радужную переливчатую окраску (разлитый керосин на поверхности воды, мыльные пузыри), рассеяние света приводит к структурной окраске без переливчатости.

Рассмотрим взаимодействия света с тонкой прозрачной пленкой. Часть света, падающего на пленку, отражается от его внешней поверхности, остальная часть света проходит через пленку до ее нижней части и снова от нее отражается, проходя через пленку вверх до верхней ее границы и отражается от нее, присоединяясь к уже отраженному свету от верхней границы пленки.

Поскольку свет проходит путь равный толщине пленки, то его отражение от верхнего края пленки может иметь совпадающую и противоположную фазу свету, отраженному от верхней поверхности.

Если фазы отраженного света не совпадают, то происходит гашение света и отраженной окраски не возникает (деструктивная интерференция). Если фазы совпадают, то отражение света вызывают структурную окраску (конструктивная интерференция).

Степень отклонения фаз отраженного света зависят от толщины слоя (пленки), коэффициента преломления среды, угла падения света на пленку и спектра источника освещения.

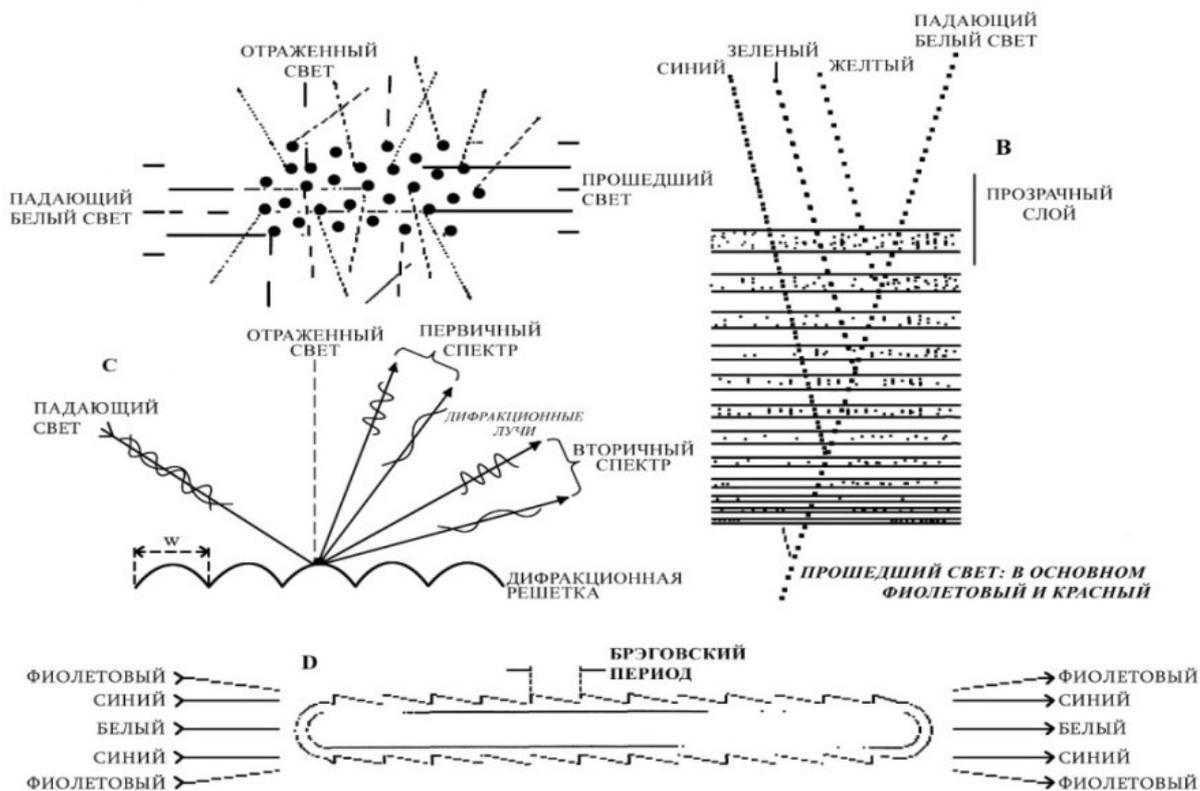


Рис. 4. Различные виды структурной окраски в природе

A. Отражение белого света маленькими частицами (черные шарики), если частицы меньше 575 нм в диаметре, то отражаться будут лучи синего цвета (светорассеяние), а проходить сквозь пленку будут лучи красного цвета. Если большего размера, то все отраженные лучи будут иметь близкую длину волны, и они сформируют белый цвет;

B. Многослойный рефлектор (золотой жук);

C. Дифракционная решетка с периодом W большим или равным длине волны фиолетового цвета;

D. Брэгговская дифракционная решетка на поверхности плоской щетинки.

Радужная окраска бабочек. Радужные окраски

Крылья бабочек и мотыльков украшены богатством красочных рисунков, подобных которым нет в природе. Одни имеют белую окраску без рисунка, другие глубокую переливающуюся окраску синего и зеленого цвета, а некоторые простую желтую, оранжевую, красную, зеленую, синюю, фиолетовую коричневую и черную.

Сложный рисунок крыльев бабочек и мотыльков генетически определен и при формировании контролируется генетической программой. Окраска и ри-

сунок крыла бабочек на внешней и внутренней сторонах могут быть одинаковыми или разными, у бабочек разного пола могут быть одинаковыми, слегка или существенно отличаться. Окраска крыльев зависит от сезона, географии. Интересно, что близкие по виду бабочки могут иметь сильно отличающиеся окраски, а далекие виды близкие окраски и рисунки.

Феномен, природа, теория радужной окраски в природе обсуждается учеными давно. Еще сэр Исаак Ньютон в книге «Opticks» (1704 г.) дал первое объяснение физической сущности и природы прекрасной, многоцветной, переливчатой окраски хвоста павлина и ввел определение радужной, переливчатой окраски, как изменяющейся в зависимости от точки (угла) зрения (позиции) наблюдателя.

Уже говорилось, что простейшим примером такой радужной окраски является окраска тонкой жидкой пленки масла, керосина и другой органики на воде, или красочные детские мыльные пузыри. При взгляде на мыльный пузырь и на пленку в зависимости от угла зрения мы наблюдаем различную окраску. Радужная окраска для наблюдателя может выглядеть искрящейся, и по своей яркости и интенсивности превосходить окраску, основой которой являются пигменты и красители.

Сверкания, которые возникают при изменении угла падения света или позиции наблюдателя сообщает этой окраске, рисунку и их носителю необычайную красоту и непревзойденную волшебность.

Бабочки и мотыльки (моли) (Lepidoptera, греч.) – чешуекрылые, насчитывается более 150 тысяч видов этих насекомых в мире, и все они отличаются очень красивой окраской. Эти чешуйки легко отделяются от крыла даже при легком прикосновении. Они настолько малы, что пальцы их ощущают, как пыльцу.

Бабочки по сравнению с молью имеют слабое тело, более яркую окраску и летают в дневное время, в то время как моль обладает сильным, крепким телом, тусклой окраской и летает в сумерках или ночью (ночью окраска не очень нужна).

Крылья этих насекомых помимо того, что являются сложным и очень эффективным аэродинамическим устройством, еще и выполняют с помощью рисунка и окраски различные функции (отпугивание, маскировка, привлечение и др.). Крылья покрыты тысячами мельчайших чешуек, являющихся причиной структурной, беспигментной окраски. Изучение структуры этих чешуек позволило понять природу структурной окраски.

В зависимости от формы и размера чешуек окраска изменяется от одного вида бабочек и моли к другому. Эти чешуйки не только формируют цвет и рисунок крыла, но и улучшают аэродинамические свойства крыла, участвуют в поддержании постоянной температуры насекомого. В природе распространена многофункциональность элементов живого существа. Это экономично.

Как говорилось ранее, существуют два фундаментальных механизма формирования окраски в природе, которые реализуются и в случае бабочек и моли: обычная «пигментная» окраска и структурная окраска. Пигменты (краси-

тели) первого вида окраски поглощают лучи видимой части спектра определенной длины и пропускают или отражают другие, оставшиеся не поглощенными. Различные пигменты и красители дают различную окраску, поскольку содержат разные пигменты: хлорофилл окрашивает в зеленый цвет траву, листья, каротин окрашивает фрукты и овощи (мандарины, персики, морковь) в оранжевый цвет, пигмент меланин окрашивает кожу и волосы человека в коричневый цвет. Рыжеволосые люди содержат в кератине волос железосодержащий пигмент.

Структурная, радужная окраска не связана с наличием пигментов, а обусловлена интерференцией света и многократным отражением лучей света от элементов упорядоченной наноструктуры (структурная окраска) материала.

Можно сказать, что в первом случае в основе лежат фотофизические законы поглощения видимых лучей, а во втором фотофизические оптические законы интерференции, диффузии, отражения света.

Живая природа успешно использует оба механизма для формирования окраски и рисунка порознь и совместно. Окраска некоторых бабочек обязана проявлению «пигментного» механизма (знакомая нам лимонница), некоторые только структурному механизму (бабочки *Morpho*), а в некоторых случаях используется сочетание того и другого способа окраски. Палитра биотехнологий от этого только расширяется. Так синие цвета крыльев часто обусловлены структурой чешуек, но если к ним добавляется желтый пигмент, то окраска получается зеленой (дополнительный цвет).

Теория радужности окраски: интерференция в тонких пленках

Начало положил Роберт Байл (Robert Boyle), современник Исаака ньютона (17-ый век). Более чем через 100 лет интерференцию объяснил английский физик Томас Янг (Thomas Young). Согласно его определению, радужная окраска в природе, такая как пленке масла на воде или в детском мыльном пузыре имеют следующую природу. Очень тонкая прозрачная пластина или пленка отражают часть падающего на них света, как поверхность зеркала. Не отраженный свет проходит пленку до ее нижней поверхности и отражается от нее. Оба отраженных потока от внешней и внутренней поверхностей пластины складываются или вычитаются. За счет прохождения определенного пути, отраженного от нижней поверхности света, он может иметь фазу, отличную от отраженного света от верхней поверхности.

Разница в фазах двух видов отраженного света зависит от толщины пленки, коэффициента рефракции пленки, угла освещения пленки и длины волны падающего света. Если разница в фазах этих двух рефлексий (отражения) совпадают, то отражение усиливается. Если фазы на половину не совпадают, то говорят о деструктивной интерференции и отражение или совсем исчезает, или ослабляется. При конструктивной интерференции при определенной толщине пленки и определенном коэффициенте рефракции (преломлении) и

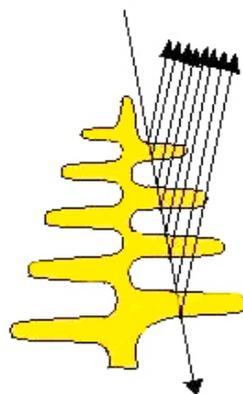
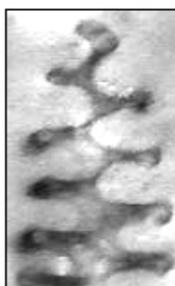
полихроматическом освещении (белый свет) может возникать окраска одного цвета. Другими словами, при освещении белым светом возникает только один цвет под определенным углом. Если освещение монохроматическое, то может возникать рисунок из темных и светлых полос. Конструктивная и деструктивная интерференции будут усиливаться, и отраженная окраска будет чище, если оба потока будут иметь одинаковую амплитуду.

Если интерференция проходит в многослойном пакете прозрачных пленок, то конструктивная интерференция будет усиливаться, и возникающая окраска при прочих равных условиях будет более интенсивной. Такие многослойные прозрачные конструкции встречаются в оперении птиц, в покровных тканях насекомых, в коже и чешуйках обитателей морей и океанов. И окраска этих элементов живых организмов – радужная и весьма разнообразная.

Структура «радужных» чешуек

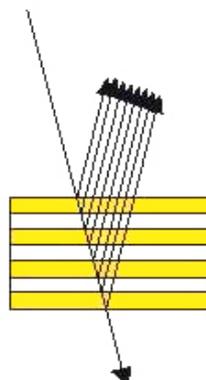
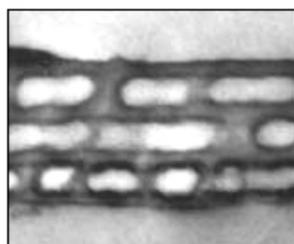
Чешуйки крыльев бабочек и моли за редким исключением имеют структуру многослойных пакетов, и чаще представляют собой единичную клетку прозрачных пленок и демонстрируют разнообразную радужную окраску. Наиболее изучена микроскопическая структура чешуек бабочек семейства *Morpho* и моли *Urania*, имеющих очень яркую радужную окраску и обитающих в тропических странах.

Крылья бабочек
семейства *Morpho*



(A)

Крылья моли
семейства *Urania*



(B)

Рис.5. Схема окраски крыльев бабочек семейства *Morpho* (а) и моли семейства *Urania* (б)

Крылья взрослых особей бабочек и моли покрыты плотным рядом чешуек, каждая из которых покрыта тонким плоским слоем (кутикула) эпидермы. Чешуйки образуют правильный и плотно упакованный ряд напоподобие черепицы крыши (подобно чешуйчатому слою на поверхности шерстяного волокна). Таких слоев черепицы (чешуек) два или три. В каждом слое чешуйки выполняют свою роль и имеют разную структуру.

Единичная чешуйка моли *Urania* состоит из чешуек пяти слоев кутикулы, каждый из которых имеет толщину ~ 400 нм и отделен от следующего воздушной прослойкой ~ 100 нм толщины. Эти слои образуют тонкую вертикальную структуру. Изменение геометрии чешуек и инкорпорирование в структуру чешуйки различных пигментов (комбинация двух механизмов окраски) позволяет природе создавать на крыльях молей различные окраски и рисунки.

Структура чешуек бабочек *Morpho* еще более сложная и имеет крестообразную форму дерева с восьмью или девятью слоями, в которых происходит интерференция, обуславливающая формирование окраски (своеобразный структурный дизайн). На рисунке 5 показана структура чешуек бабочек *Morpho* и моли *Urania*.

Размер одного слоя чешуек бабочек *Morpho* примерно в 10 раз меньше, чем длина волны света, поэтому их можно наблюдать только с помощью электронного микроскопа. Крылья большинства бабочек представителей вида *Morpho* имеют радужную, яркую синюю окраску, что соответствует теории интерференции многослойных прозрачных структур. При изменении угла наблюдения окраска может переходить в фиолетовую. Окраска этих бабочек формируется двумя механизмами. Помимо структурной окраски используется пигмент – меланин (коричневый), дающий свой абсорбционный вклад в суммарную окраску и рисунок.

У бабочек существуют как структурные окраски, обусловленные дискретными слоями, так и сплошные структуры. При этом возникают новые окраски при действии какого-либо внешнего стимула дополнительно к постоянной окраске. Некоторые виды бабочек используют многослойные структуры 2-D размерности с глубокими углублениями и демонстрируют отражения желтых лучей при нормальном освещении и синий цвет лучей при двойном отражении с противоположной стороны и с перпендикулярной стороны углубления. В результате формируется синяя окраска с желтой в центре. При смешении этих цветов синтезируется зеленый цвет.

Некоторые бабочки имеют сплошную экзокутикулу, интенсивно отражающую поляризованный свет аналогично оптически активным холестеричным кристаллическим структурам. Спиральное расположение микрофибрилл хитина, образующие наноструктуру экзокутикулы, способствуют круговому отражению света и формируют окраску. Это обусловлено колебаниями локальных элементов структуры.

Мир бабочек поражает воображение своим многоцветным изяществом и особым неповторимым очарованием, пленяющим коллекционеров. В древ-

нем Риме верили, что бабочки – это ожившие цветы, вспорхнувшие со своих стеблей. В мире 140 тысяч видов бабочек. Они появились на земле относительно недавно, в третичном периоде. Эволюция бабочек и цветков покрытосеменных растений шли «рука об руку».

Рекордсменами по самой яркой окраске в мире являются представители южноамериканского рода *Morpho* и австралийский Парусник Улисс (*Papilio Ulysses*) – голубая металлическая окраска. Эти крупные бабочки (15-18 см) – мечта всех коллекционеров. Летают высоко в небе, не ниже 6 метров.

По поводу структурной окраски бабочек ученые задаются множеством вопросов «Почему?». Почему самцы окрашены ярче самок, что делает их более заметными для хищников? Видимо, эволюция наградила более яркой окраской самцов, чтобы сделать их более успешными во взаимоотношениях с самками. Ради этого можно пойти на риск быть уничтоженным хищником. Или выиграть конкуренцию у соперника для продолжения рода.

Природная фотоника

Если на крыло бабочек капнуть растворителем с низким коэффициентом преломления, то окраска изменится, что соответствует теории интерференции. Растворитель заменит воздух между слоями чешуек и изменит суммарную интерференцию. Капля ацетона (коэффициент преломления 1,38, воздуха – 1,0) изменяет цвет крыла с синего на зеленый. После испарения ацетона окраска возвращается к первоначальному синему цвету.

Если выбрать растворитель с коэффициентом рефракции близким к кутикуле (1,56), то все слои чешуйки образуют гомогенную оптическую систему, интерференция исчезает, и структурная окраска тоже исчезает, а остается только присущая пигменту меланину коричневая.

Из всего ЭТОГО следует: какое огромное поле для манипуляций у колориста цветом, окраской через структуру или комбинацией с «пигментным» механизмом. Почему природа может! А мы? Развитие биомиметики позволит подойти к таким технологиям.

Возможность и способность манипулировать светом и контролировать его – является одной из главных целей современной оптики. Однако природа давно и эффективно этим пользуется.

Примерно 500 миллионов лет тому назад в результате эволюции, когда произошел большой взрыв (big bang), животный мир начал быстро развиваться. Это был кембрийский период, когда был запущен механизм манипуляции светом, что повлияло на выживание многих животных. Это было началом совершенствования оптических систем живых организмов, и до сих пор биоинженерные способности и возможности природы человек пока не превзошел.

И только сейчас биомиметика начинает разбираться во многих чудесах природы, в том числе с цветом, окраской и рисунком. Выяснение механизмов формирования цвета, окраски в природе позволяет в будущем не только использовать эти принципы в рукотворных технологиях и материалах, но и со-

вершенствовать их. В основе этих явлений лежат оптические свойства фотонных наноструктур.

Эволюция в природе характеризуется жестким отбором, это происходило и с оптическими биосистемами. Многие насекомые, птицы, рыбы, морские животные, растения имеют яркую, радужную окраску, часто с металлическим блеском, что наблюдал человек тысячи лет, а природа создала этот животный и растительный миры 500 млн. лет тому назад.

Пониманием механизма окраски живой природы, как говорилось ранее, начали заниматься только в 17-ом века, когда Роберт Хук и Исаак Ньютон предложили физическую причину окраски. Они высказались, что радужная окраска хвоста павлина и рыбьей чешуи результат физической структуры, а не пигментация. Это было колоссальным скачком в понимании природы этих окрасок, но детальный, интимный механизм этого явления не был прояснен еще в течение двух столетий.

В 19-ом веке Джеймс Максвелл предложил теорию и математический аппарат для описания взаимодействия электромагнитного излучения с материей. Было подмечено, что периодичность структуры в определенных условиях изменяет характеристику света, который проходит через вещество, отражается или поглощается материалом. Проще говоря, если размер элементов периодичности соизмерим с длиной волны света, то происходит изменение в характеристике света, приводящее к возникновению структурной окраски. Если в материале элементы периодичности имеют размер от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров, то можно осуществлять контроль за распространением микроволн. А для контроля за потоком света в видимой части спектра требуется размер элементов периодичности от 10 до 100 нм.

Очень важной характеристикой материала, его оптической константой является коэффициент преломления и размерность (одно-, двух-, трехмерное) периодичности. Одно- или многомерность определяют возможности для контроля за светом. 1-D (одномерные) и 2-D (двухмерные) периодичность ограничивается оптическими явлениями на поверхности объекта (дифракционная решетка). 3-D периодичность формируют объемную периодичность (фотонный кристалл) – аналогия с взаимодействием электронов с ионными кристаллами. Оба процесса характеризуются разрешенными энергетическими уровнями. Последние 10-15 лет интенсивно, детально изучается и развивается физика 2-D и 3-D фотонных кристаллов, результатом чего явились синтетические фотонно-кристаллические волокна, которые используются в качестве световодов.

Наноструктуры в природе

Природа очень рано научилась использовать явления взаимодействия света с материей, как инструментом эволюционного отбора через преимущества приспособления к условиям окружающей среды. Высокая отражательная способность, яркость поверхности играли большую роль в привлечении сексуального партнера или предупреждения нападения врага.

Первая такая оптическая система появилась, как дифракционная решетка на поверхности животных и растений около 500 млн. лет назад (раскопки ископаемых в Burgess Shale). Подобные системы с периодичностью наноструктуры имеют и современные насекомые, моль, осы, мухи.

2-D дифракционная нанорешетка не используется в природе для формирования яркой окраски. Напротив, их назначение снизить отражение света. Этот эффект используется природой при построении фасетных глаз насекомых, чтобы повышать эффективность их зрения и снизить нежелательное отражение, которые может привлечь хищника. Нанопериодичность поверхности материала является основой структурной окраски в природе.

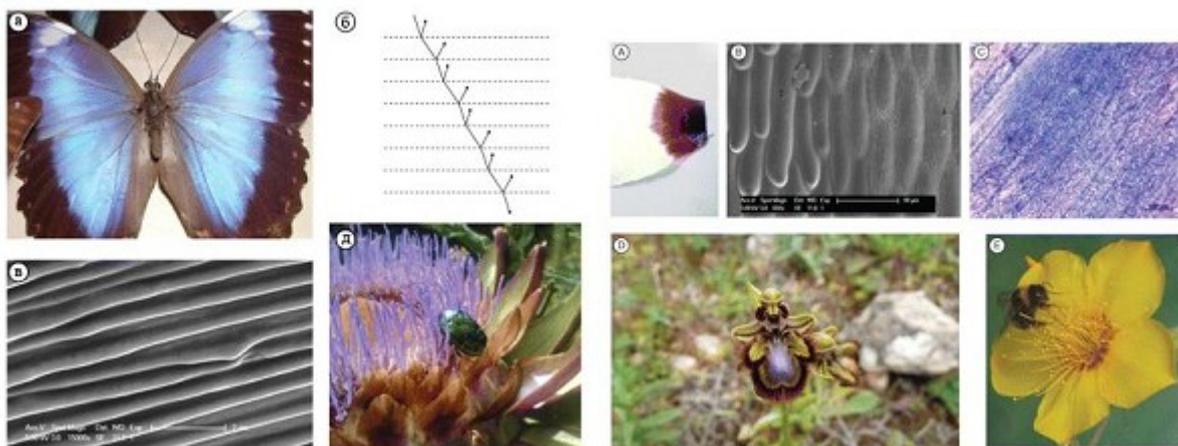


Рис. 6. Примеры формирования структурной окраски с помощью многослойных решеток

На рисунке 6 показаны примеры многослойных решеток, являющихся причиной формирования окраски, как яркого рефлектора: бабочки, птицы, рыбы. Конкретный материал природа конструирует в зависимости от множества параметров окружающей среды, а также от физиологии животного и экологии и, конечно, от назначения биологической структуры.

У бабочек, например, в чешуйках крыльев слои кутикулы интеркалированы перемежающимися слоями воздуха, что обеспечивает высокую интерференцию и, как следствие, яркую окраску. В случае обитателей морей, позвоночных, например, рыб – яркость окраски обеспечивается нанопластинками гуанина, отделенными жидкостью цитоплазмы. 1-D структуры очень широко использует природа в мире насекомых. И не только в представителях фауны мы встречаем такие структуры, но и в мире растений, водорослей, ягод.

Трудно сказать, как давно давление отбора, то есть эволюция биологических видов, привело к образованию 2-D и 3-D нанопериодических структур в живой природе. Они менее распространены, чем 1-D системы. 2-D объемные периодические структуры в природе часто обнаруживаются в форме протяженных волокон, как например, в строении хищного морского многощетинкового червя эунице афродита (*Eunice aphroditois* – волосы Афродиты), обитающего в тропических морях. Его биологическая структура представляет собой сборку протяженных волокон – волос, каждый волос червя состоит их тысячи пустот, плотно набитых и ориентированных по длинной оси цилиндриками кутикулы диаметром ~ 230 нм. Яркая окраска червя возникает за

счет кооперативной дифракции света, попадающего на один из концов волоса червя.

Полная 3-D периодичность была изучена в деталях в 1960 году на примере драгоценного опала с радужной окраской, которая обусловлена плотной упаковкой сферических структур кремния. Позже подобные 3-D структуры были обнаружены в хитиновых покровах жуков.

Вариации структуры опала, иногда называемые «обратный опал», встречаются в окрасках крыльев бабочек. Только в этом случае, вместо плотно упакованных сфер, крылья бабочек представляют собой решетку дырочек, заполненных воздухом, образующих сетку из материала кутикулы. Такие структуры представляют большой интерес для практики создания, синтеза подобных структур со свойствами фотонного 3-D кристалла. Такой фотонный кристалл, наподобие бриллианта тетраэдрической структуры, будет иметь очень интенсивную рефлексию (отражение) под разными углами освещения за счет разного коэффициента преломления между воздухом и кутикулой, как в крыльях бабочек.

Природные фотонные системы с нанопериодичной структурой обычно отличаются высоким отражением и пропусканием. Однако существуют и природные оптические системы, использующие другие принципы. Так 2-D системы с микролинзами на конечностях светочувствительных морских звезд представляет собой анизотропные кристаллы кальция. Конструкция состоит из двух линз с фокальной длиной в несколько микрон. Размер и профиль каждой линзы идеальны для сбора и фокусировки света. Поверхность этих линз имеет геометрию, которая минимизирует сферическую абберацию света, и каждая линза фокусирует свет в определенную точку. Более того ориентация кристалла кальция устраняет нежелательный эффект двойного луча преломления, вызывающий различия в поляризации света и ухудшение оптических свойств системы. В результате подобная оптическая конструкция является идеальным биосветочувствительным элементом. Чем не предмет для подражания инженерам оптикам (биомиметика)!

В мире флоры тоже используются подобные оптические системы, состоящие из микролинз для повышения эффективного фотосинтеза у растений, приспособленных к затененным местам произрастания.

Оптические нанотехнологии и биомиметика

Биомиметика – изучение и использование принципов конструирования систем, работающих в природе. Однако, человечество, использующее рукотворные оптические системы уже не менее ста лет, до последнего времени не применило принципы природной фотонной оптики, с которой природа «играет» (использует) миллионы лет.

Так известное техническое решение используемые в лазерах, телескопах – это традиционные многослойные оптические фильтры, в слоях которых сочетаются высокие и низкие коэффициенты преломления, обеспечивающие

контроль за отражением и пропусканием света. Но это не похоже на природные фотонные системы у бабочек и птиц.

И только начиная с 60-х годов 20-ого века совместные исследования биологов, зоологов, физиков, химиков, математиков начали давать результаты в теоретической и практической биомиметике. Сегодня десятки тысяч ученых стремятся развить новые принципы фотонной оптики, основываясь на изучении работы оптических систем в природе. Однако, это направление только набирает силу, и все у него еще, безусловно, впереди. Потенциал огромный, он в синергизме био-, нано-, инфо- и когнитивных знаний и технологий.

Предсказания о широком использовании принципов природных оптических систем в оптической инженерии пока еще не реализовались. Если такие примеры имеются, то это пока исключения.

Так существует проблема неполного поглощения света и частичное его отражение, что, например, снижает эффективность работы солнечных батарей. Для компенсации этого явления используются антиотражающие материалы со специально сконструированной нанопериодичной структурой. Сделано это было без учета того, что в природе эта проблема уже давно решена специальными устройством фасетных глаз насекомых.

Можно найти примеры биомиметики (может случайной, эмпирической) в производстве текстиля. Так определенная периодичность в структуре поверхности синтетических волокон приводит к интересным визуальным и тактильным эффектам. В Японии такие волокна получили торговое название «Shin-gosen». Появились новые волокна с «неправильным» поперечником (oddcross-section). Специальная технология формования (геометрия фильеры) и условия продавливания и осаждения обеспечивает не только плотность волокон, но и периодичность морфологии его поверхности. Это приводит к проявлению явлений интерференции и рассеяния света на поверхности. Такие волокна проявляют необычные оптические свойства (яркость, радужность окраски) наподобие крыльев бабочек. Одновременно такая структура поверхности улучшает смачиваемость гидрофобных синтетических волокон за счет проявления капиллярных сил.

Предлагаются так называемые «микрократерные» волокна, поверхность которых испещрена углублениями диаметром несколько сот нанометров, хорошо рассеивающих падающий свет, что углубляет окраску. Этот принцип используется в природе у многих насекомых черного цвета. Текстильщики пришли к этому эмпирически. В литературе описывается ультрачерный материал с металлическим блеском, имеющий микрократерную поверхность (Rechard Brown Nat.Phys.Lab.UK).

Есть конкретные, практические проблемы, где оптическая биомиметика начала работать: это борьба с фальшивомонетчиками, с подделкой банкнот, кредитных и дебитных карт с помощью их маркировки посредством сложной оптической защиты знаками и цветными схемами. Используются наноструктуры, или близкие к ним микроструктуры, или специальные пигменты, оптически изменяющиеся чернила. Эти технологии используют компьютерную

печать «screen-printing», с помощью которой наносится слой чернил с изменяющимся коэффициентом преломления, в результате чего формируется особый радужный рисунок.

Другой тип чернил «pearlescent» (жемчужная), производимых из специального прозрачного лака. Лак сплавляется с хлопьями слюды, покрытыми интерферирующим слоем оксидов железа и хрома с высоким и низким коэффициентом преломления.

Оптическая защита различного вида, основанная на дифракции, как например, вкрапления фольги, полосок и прозрачных нитей дают хороший защитный эффект на денежных знаках. Но этот тип защиты не долговечен. Высокий эффект защиты может быть достигнут использованием высокоточных микро- и нанооптических систем, имеющих наноразмерный поверхностный рельеф. Работы в этом направлении ведутся. Так, Chris Lawrence с сотрудниками из Qinetiq (Англия) воспроизвели структуру бабочек и моли в качестве защиты банкнот. А в университете Exeter (Англия) создали многослойный дизайн из двух структурных окрасок. Эти окраски совмещены таким образом, что при освещении генерируют третью окраску. Это тот же принцип смешения трех основных цветов при цветном изображении на экране ТВ или в трехцветной печати на текстиле. Но в этой конструкции за счет аномальных поляризационных свойств этих слоев можно обойтись только двумя слоями, как это происходит в случае окраски крыльев бабочек, когда происходит поляризация одной структурной окраски, а другой не происходит. Такая оптическая система обеспечивает более высокий эффект защиты и снижает риск подделки денежных знаков и других важных документов.

Природа – «дизайнер» фотонных систем

Большой интерес для биомиметики представляет феномен самосборки (self-assembled) фотонных оптических систем. Эта схема самосборки происходит в яйцах, при росте зародыша под генетическим контролем и под влиянием некоторых внешних факторов. Облучение рентгеновскими лучами, тепло, лазер – тоже могут вызывать изменения синтеза пигментов и формирования структурной окраски. Ученые изучают механизм (самосборку) оптических фотонных систем, с прицелом использовать эти механизмы на практике. Но путь к практике еще очень далекий. Природа прошла этот путь за миллионы лет эволюции. Практическая цель этих работ: конструкция 3-D фотонных кристаллов для светогенерирующих диодов для повышения их функциональности – покрытие поверхности солнечных батарей раствором, содержащим гели, которые будут формировать антиотражательные структуры микролинз; выращивание натуральных кристаллических волокон – световодов.

За миллионы лет до того, как человек начал манипулировать с потоком света, используя синтетические структуры, биологические системы, использовали наноразмерные архитектуры для производства поразительных, феноменальных оптических эффектов. При этом мы сталкиваемся с удивитель-

ными, разнообразными природными оптическими системами, разными по своему построению и функциональности.

Морская звезда *Brittlestar* использует фотонные элементы построения из кристаллов кальцита для собирания света; бабочка *Morpho* использует многослойные пакеты кутикулы с воздушными прослойками для формирования удивительной по красоте и рисунку окраску синего цвета; некоторые насекомые используют каскад элементов, снижающих интенсивность отражения их глаз. Все это стимулирует использование успехов, опыта природы в рукотворных технологиях (биомиметика).

Природный мир использует, эксплуатирует фотонные структуры со времени кембрийского периода развития земной природы, когда около 500 млн. лет тому назад произошла внезапная и «ненормальная» диверсификация развития живой природы. Свидетельство тому – одновременное соразвитие хищников и окраска их жертв. Это фаза развития живой природы связана с появлением визуальных оптических систем, обеспечивающих развитие разнообразных форм жизни.

Свет и его широкие возможности взаимодействия с биотканями мог быть значительным фактором отбора, эволюции развития определенных групп животных. Помощь в выживании оказывали появившиеся очень сложные и эффективные фотонные структуры, дошедшие до наших дней и являющиеся объектом изучения и подражания.

Исследование природных фотонных систем начиналось со сложных, элегантных и эффективных устройств, которые используют обитатели рек, озер, морей и океанов.

Структура кристаллических полислоев гуанина является причиной окраски и широкополосного серебристого рисунка рыб и элементом высоко отражающих свет биолюминесцентных органов и сетчатки глаз специального вида зрения у морских животных.

Фотоника в живом мире не ограничивается только животными, она используется и в растительном мире. Многие растения имеют оптические системы, основанные на периодичности структуры, например, 1-D многослойные, формирующие радужную окраску в листьях растений, в фруктах и водорослях. Периодичность обычно образуется слоями гидратированной целлюлозы, которая обычно локализуется в стенках клеток эпидермы или внутри длинных хлоропластов или это может быть результатом гелиобразного образования фибрилл целлюлозы.

Радужная окраска растений возникает за счет интенсивности падающего света, проникающего в фотохромные центры, что способствует росту листьев. Но фотонный эффект может играть другую роль. Структурная окраска в коже фруктов снижает последующую матурацию обесцвечивания. У некоторых растений структура формируется из множества микро- (нано) линз, усиливающих поглощение света и повышающих фотосинтез.

Природа производит замечательные 3-D фотонные кристаллические кутикулы, формирующие яркие окраски при освещении под широким углом зре-

ния. Этот принцип может быть использован в оптической инженерии при конструировании 3-D систем, потенциально позволяющих манипулировать светом во всех направлениях. Такие объемные 3-D структуры, используемые в мире бабочек, более эффективны в оптических системах, чем поверхностные структуры 1-D и 2-D структуры, поскольку дают окраску, независимую от угла зрения наблюдателя.

Некоторые бабочки используют не кристаллические системы пустот, а ориентированные, твердые эллипсоидные образования, отражающие лучи всего спектра, что формирует белую окраску. Некоторые насекомые имеют «опалоподобную» структуру, состоящую из 150-350 нанометровых аморфных кремниевых сфер гексагонально агрегирующиеся в слои. Окраска обладает опалесцирующим эффектом.

Хотя большинство фотонных систем в природе выполняют функцию формирования ярких и радужных окрасок, но имеются и системы, снижающие отражение света при разных частотах волн. Такие оптические системы, основанные на эффекте «ниппеля» (пропускают свет только в одну сторону) проходящего света через границу среды, используются в устройствах глаза некоторых насекомых. Эти фотонные системы в результате эволюции появились очень рано у насекомых в период эоцена (33,9 млн. лет тому назад).

Один из механизмов построения природных фотонных систем – когерентность. Когерентность (*coherens* – находящийся в связи, *лат.*) – согласованность нескольких колебательных и волновых процессов во времени, проявляющихся при их сложении. Колебания когерентны, если разность их фаз постоянна во времени и при сложении колебаний получаются колебания той же частоты.

Отсутствие когерентности – это ситуация, когда разность фаз между двумя точками не постоянна. Без когерентности не происходит интерференции. Для образования устойчивой интерференции необходимо, чтобы источники волн имели одинаковую частоту, и разность фаз их колебаний была постоянной. Источники излучения, удовлетворяющие этим условиям, называются когерентными.

Эти два направления формирования в природе оптических фотонных систем сближались (конверсировали) и расходились (дивергировали) в процессе эволюции. Например, слоистые структуры из хитина, наполненные воздухом в чешуйках крыльев бабочек *Papilio ulysses* очень близки к слоям меланина, наполненным воздухом в некоторых видах оперения птиц.

В то же время наноструктура наподобие рождественского дерева из хитина и воздуха у бабочек вида *Morpho didius*, квазиупорядоченная структура из каналов в виде губки из кератина и воздуха в синих хвостах птиц семейства *Sialia sialis* не имеют аналогов у других птиц и бабочек.

Эта схожесть и различия в механизмах образования окраски в ходе эволюции имеет физическое и химическое объяснения. Вариации и отбор обеих групп сформировали и современные формы жизни. Но все же главным различием в этих двух группах – это то, что птицы используют в качестве ос-

нового материала кератин (белок), а бабочки (многие насекомые) хитин (полисахарид). Кроме того, обе группы (птицы, бабочки) используют избирательно поглощающие свет пигменты. Такие как каротиноиды, птерины, а также поглощающие в широкой полосе спектра меланины. Но в основных структурах природных оптических систем пигменты диффузионно упакованы.

Физические и оптические свойства основного материала оказывали определенное влияние на траекторию эволюции окрашенных тканей в обеих группах. Различия совместно с гибкостью ассоциируются с основой перьев или чешуйками крыльев бабочек, окраску которых диктовала или облегчала формировать эволюция. Эволюция, как искусный скульптор, работающий с деревом и металлом, работает с ограниченным доступным материалом. Этот лимит в материале может вызывать необходимость изменять структуры в рамках одного материала или комбинацией с другими материалами.

Механизм и функциональность структурных окрасок МОЛЛЮСКОВ И ГОЛОВОНОГИХ

Моллюски, головоногие (каракатицы, осьминоги, спруты и др.) способны очень быстро менять окраску и даже рисунок, используя эту уникальную способность для широкого ряда коммуникационных функций и для маскировки (эти ребята – рекордсмены по этой части). Структурная окраска играет важнейшую роль в изменении окраски кожи этих животных, что регулируется приказами мозга пигментированным хроматофорным органам.

Рассмотрим анатомические экспериментальные доказательства механизма отражения и диффузии света различными видами клеток (иридофоры, лейкофоры) различных моллюсков. В основе этих структур лежат белковые образования в комплексе с пигментированными хромофорами. Поляризованный свет отражается от иридофоров и может проходить через хромофоры, что дает возможность использовать дискретные коммуникационные каналы. Поэтому моллюски очень чувствительны к поляризованному свету. Показано, что структурная окраска вносит вклад в поведение моллюсков.

Самым магическим свойством моллюсков является способность мгновенно менять окраску и рисунок в соответствии с обстоятельствами. Этого свойства нет у животных, обитающих на суше (исключение хамелеон). Смена рисунка и цвета происходит под воздействием тысяч хроматофоров, представляющих собой маленькие органы, содержащие пигмент двух или трех видов, в зависимости от вида моллюска (красные, желтые/оранжевые, коричневые/черные) и структурные рефлекторы – клетки (иридофоры и лейкофоры).

Свет может рефлектировать за счет хроматофора или структурного рефлектора, или комбинацией обоих видов оптических систем, что позволяет этим животным иметь широкий выбор манипулирования светом и цветом для выполнения различных функций.

Хроматофоры содержат мешочки с пигментами, имеющие десятки радиальных мышц, прикрепленных к их периферии и связанных непосредственно с мозгом. Оттуда поступают мгновенные команды увеличить или сократить размер хроматофоры. Манипулируя размерами и формой хроматофоров, моллюск может изменять не только цвет, но и рисунок (полоски, пятна.). У некоторых моллюсков структурная окраска формируется как дифракционной решеткой, так и многослойными пакетами.

Моллюски имеют иридофоры в различных частях тела, и они расположены так, что могут выполнять специальные функции. Кальмары, как правило, имеют только иридофоры, т.е. у них нет широкополосных рефлекторов лейкофоров, имеющих у осьминогов и рыб на различных частях тела. Иридофоры локализованы в слоях под пигментированными хроматофорами. Иридофоры – бесцветные клетки разного размера менее 1 мм, они содержат набор тонких пластинок, которые рефлектируют свет за счет интерференции в тонких пленках.

Свет, рефлектирующий из многослойных структур почти всегда окрашен при условии:

- 1) наличие разницы в коэффициентах преломления у пластинок и пространства их отделяющих,
- 2) толщина пластинок и пространства между ними имеют определенную толщину для проявления конструктивной интерференции света.

Эффект окраски подобен цветному мыльному пузырю. Если пленка пузыря или пакета прозрачных пленок очень тонкая, то лучи более коротковолновые отражаются как синие, если пленка более толстая, то лучи более длинных волн отражаются как желтые и красные. Система многослойная рефлектирующая более интересная для практики биомиметики, т.к. оптические эффекты изменяются в зависимости от угла наблюдения спектра отражения и освещения. В случае многослойной структуры, рефлекторы генерирует красный цвет при нормальном угле наблюдения, а затем при увеличении угла наблюдения окраски изменяются на желтый, зеленый, синий цвета.

Если угол близок к углу, при котором свет максимально линейно поляризован, то отраженный свет тоже максимально поляризован, и могут происходить интересные оптические, колористические эффекты. Моллюски способны чувствовать поляризованный свет и реагировать на него.

Осьминоги, кальмары и каракатицы славятся быстрой адаптивной окраской, которую используют для широкого набора видов коммуникаций и маскировки. Структурная окраска играет ключевую роль в изменчивости окраски и рисунка, управляемых центрами периферической нервной системы через хроматофоры. Большинство радужных рассеяний света и белая окраска обусловлены пассивным отражением и диффузией, но некоторые иридофоры у кальмара активно контролируются и регулируются с помощью уникальных механизмов.

Пластины иридофоров кальмаров состоят из белка (reflectin), наноструктура которого формирует структурную радужную окраску. Эти белки способны

к самосборке при биосинтезе в наноструктуру, что можно использовать в рукотворной нанотехнологии (дифракционная решетка, тонкие слои).

Еще один способ изменения радужной окраски – контролируемое из головного мозга избирательное расширение или сужение хроматофоров, расположенных, как правило, над иридофорами. При изменении размера хроматофора они могут влиять на отражение, а могут полностью заблокировать отражение.

Сигнализация – шифровка. Головоногие чувствительны к поляризованному свету, его генерируют и улавливают, что позволяет им общаться друг с другом, с партнерами (самками) и не быть запеленгованными другими (хищниками), которые поляризованный свет не детектируют.

Иридофоры, как правило, расположены под пигментированными хроматофорами, т.е. структурная окраска под абсорбционной. Хроматофоры очень тонкие, когда они расширяются, то могут фильтровать свет, отраженный от иридофоров, и изменять окраску (желтую, красную, коричневую), манипулируя спектрами трех видов пигментов (как трехцветная печать).

Широкополосное отражение и рассеяние. Головоногие имеют очень яркую серебристую радужность вокруг глаз. Обнаружено, что эффект не меняется от угла освещения (как у обычных иридофоров) и отраженный свет не поляризован при изменении угла освещения. Эффект обеспечивается многослойными структурами, состоящими из пластин длиной ~ 10 мкм с волнистой структурой различной толщины (80-130 нм) с нерегулярными промежутками, что дает широкополосное серебристое, радужное отражение. Эта особенность структуры может быть использована в практической оптике.

Широкополосное отражение от фотофор-отражателей. В местах обитания с достаточной интенсивностью дневного света (прибрежные районы, верхние слои моря) маскировка и коммуникационность, сигнализация создается за счет отражения солнечного света, проникающего на эту глубину. Ночью и на больших глубинах это невозможно.

В этом случае, ракообразные, головоногие моллюски, рыбы используют люминесценцию для маскировки и коммуникации с помощью биолюминесцирующих бактерий. Биолюминесценция широко используется морскими обитателями, но не только. Она наблюдается у грибов, бактерий и насекомых, использующих свет, хотя их люминесцентные устройства очень просты по сравнению с теми, что имеются у морских животных (нет рефлекторов, линз, фильтров) для контроля и регулирования световыми эффектами.

Изучение механизма структурной и пигментной окрасок головоногих моллюсков, способность их менять окраску и рисунок, форму тела, становиться невидимками не только представляет интерес для биологов для объяснения роли этих эффектов, но и для биомиметики для решения практических задач (маскировка).

Полностью механизм «переодевания» моллюсков не изучен, но факты, информация для дальнейших исследований имеется.

У всех головоногих моллюсков под кожей находятся эластичные клетки – хроматофоры, способные растягиваться и возвращаться к исходным размерам под действием многочисленных мускулов, подведенных к этим клеткам. Эластичные клетки заполнены пигментами разного цвета. Мускулы способны растягивать хроматофоры в десятки раз. Изменение размера клетки происходит за секунды. Мышцы получают приказ мозга о смене декораций. Зрение оценивает обстановку в окружающей среде, докладывает в мозг цветовую картину, рисунок местности, а далее мгновенная подстройка цвета, рисунок и даже формы моллюска, а на крайний случай – пулеметная очередь из чернил (своеобразный paintball). Сочетание (оптическое смешение) цветов хроматофора позволяет приобретать окраски разного цвета, оттенка и рисунка.

Хроматофоры моллюсков содержат черные, коричневые, красно-бурые, оранжевые и желтые пигменты. Но каждый моллюск в хроматофорах имеет элементы только трех цветов: коричневый, красный, желтый. По теории цветности их недостаточно для формирования окрасок всего спектра, к тому же моллюски приобретают не только разнообразную окраску – фиолетовую, серебристо-голубую, зеленую и голубовато-опаловую, но и блеск. Это достигается тем, что работу хроматофоров дополняют клетки второго вида – ирридиоциты. Эти клетки расположены под клетками хроматофоров. И устройства этих клеток уже относится к структурной окраске.

В этих клетках нет пигментов, но за их прозрачной оболочкой они содержат множество «зеркал», целую систему «призм», «рефлекторов», способных отражать и преломлять. Происходит комбинация цветов за счет пигментов (хроматофоры) и физических явлений от организованной структуры (ирридиоциты). Самым искусным хамелеоном среди моллюсков является карака-тица, легко превращающая зебристый рисунок в пятнистый или однотонный.

Моллюски обладают еще одним интересным свойством – биолюминесценцией за счет еще одного вида клеток – светящиеся органы фотофоры. Фотофор, как фара у автомобиля, имеет полусферическую форму. Дно фотофора выстлано блестящей тканью, наподобие серебристой фольги, а остальная часть, кроме наружной, закрыто черным светонепроницаемым слоем. Перед этим идеальным рефлектором расположены источники света – масса фосфоресцирующих клеток. Сверху «фара» прикрыта прозрачной линзой, а поверх нее расположена диафрагма (слой черных клеток – хроматофоров). Диафрагма управляется мускулами и, открываясь и закрываясь, регулирует силу света, его фокусировку, а может совсем погасить «фару». Природа сконструировала идеальные экономичные, экологичные «фары», практически не требующие затрат энергии, за много миллионов лет до человека. У моллюсков имеются фотофоры различной конструкции, но все они основаны на принципе поглощения солнечного света (солнечные батареи), превращая его в биолюминесценцию, а далее наноструктуры усиливают, направляют и используют свет для разных целей: отпугивание, привлечение и т.д.

У каракатиц фотофоры – фонарики – самые экономные лампочки. И сейчас, когда весь мир и Россия сошли с ума по поводу экономных лампочек, хорошо бы присмотреться к тому, как решается эта проблема конструктивно, биохимически, фотохимически природой у моллюсков. Фонарики, фары, лампочки каракатиц без перезарядки горят годами. Каракатицы носят в особой капсуле внутри тела целую колонию, популяцию светящихся бактерий. Моллюск дает приют бактериям, а те за постою обеспечивают хозяина биоосвещением. Пример замечательного взаимовыгодного симбиоза.

Фотофоры экономичны за счет того, что их излучение состоит из 65% лучей в видимой части спектра и только 7% тепловых (бесполезных) лучей. В обычных наших лампочках только 4% энергии преобразуется в свет, а 96% в тепло. Есть с кого брать пример!

Некоторые направления изучения проблемы структурной окраски для будущего

Знания о кератине и хитине, особенно об оптических свойствах неполные. Необходимо продолжить исследования по следующим причинам:

- знание о механизмах генерации окраски в природе открывает пути к практической биомиметике;
- позволяет понять роль окраски в эволюции живых организмов;
- понять, почему используется природой двойной механизм; человек несколько тысяч лет использовал только один – абсорбционный; видимо, при двойном механизме появляется больше вариантов для манипуляции биооптическими системами и их свойствами.

Технология получения пленок (из коллоидного раствора), проявляющих структурную окраску и гидрофобность с использованием «лифтинга» (шлифование поверхности). Получают коллоидные кристаллические пленки, толщина которых точно контролируется концентрацией добавляемых частиц и скоростью лифтинга. Используется метод формирования структуры на платформе. По этой технологии получены структуры «обратные» структуре крыла бабочек *Morpho*. Первоначально полученные пленки имели белую окраску за счет сильного рассеяния света из-за дефектов в структуре кристаллической пленки. Но после добавления специально подобранных коллоидных частиц красителей, которые абсорбировали рассеянный свет, удалось получить структурные окрашенные в синий цвет пленки. Крыло бабочек *Morpho* проявляет супергидрофобность (не уступает лотосу). Известно, что гидрофобные и гидрофильные свойства возрастают, когда шероховатость поверхности усиливается. Основываясь на этом, окрашенной структурно пленке придавалась такая наношероховатость поверхности, которая обеспечивала супергидрофобность и супергидрофильность. Другое важное свойство, которое было сообщено структурно окрашенной супергидрофобной пленке – способность изменять цвет окраски, как это делают обитатели морей (рыбы, моллюски) с целью мимикрии. Для этой цели был изготовлен фотонный кристалл на ос-

нове производных азобензола. Перспектива использования этого материала – самоочищающиеся окрашенные материалы.

Технология придания материалу структурной окраски и супергидрофобности путем создания структуры «обратной» структуре поверхности опала. «Обратный» опал – материал, имеющий 3D-размерную сетчатую структуру. Упорядоченное моодисперсное распределение воздушных сфер в этой трехмерной структуре контролирует взаимодействие света с материалом, что придает материалу способность изменять окраску или ее вовсе не проявлять. Полученная «обратная» опалу структура, имитирующая обратную структуру крыла бабочек, имеет разную структуру. Полученный структурно окрашенный материал открывает широкие возможности для практики колорирования. Эта структура включает в себя шероховатость поверхности и сетку с отверстиями, заполненными воздухом (гибкая трехмерная структура). Этот материал полифункционален, экономичен и энергетически эффективен.

Исследовательской группой Университета Калифорнии получены новые полимерные материалы, изменяющие окраску под воздействием магнитного поля: добавление шариков (бусинок) – магнитохромных микросфер к различным материалам (вода, спирт, гексан, полимерные растворы) сообщает им способность изменять окраску в магнитном поле. Цвет окраски зависит от химической природы среды распределения микросфер (бусинок). Под воздействием магнитного поля микросферы определенным образом ориентируются и формируют фотонный кристалл, имеющий окраску. Это новый механизм формирования окраски (правильнее сказать использованием нового импульса). Области применения этой технологии: дисплеи, многократно используемая бумага со стирающимся текстом, защита ценных бумаг, экологически чистые пигменты, краски, косметика, чернила для печати и т.д. В качестве магнитных частиц использовали наночастицы оксидов железа совместно с полимерными микросферами. Изменяя ориентацию структуры магнитных наночастиц в среде под действием магнитного поля, мы изменяем параметры интерференции, дифракции, отражения, рассеяния и получаем магнитохромный материал с широкими практическими возможностями.

Список литературы

1. P. Vukusic and J. R. Sambles (2003). *Photonic structures in biology*. *Nature*, 2003, 424 (6950): 852–855.
2. Crookes, W. J., et al. *Reflectins: The unusual proteins of squid reflective proteins*. *Science* 303, 2004.: 235–238.
3. *New Fibers second edition*, by Tatsuya Hongu and Glyn O. Phillips, published by Woodhead Publishing, 1997, ISBN 1-85573-334-X.
4. M. Gale, "Diffraction, beauty and commerce," *Physics World*, , Oct. 1989. pp. 24-28.
5. Alison Sweeney, Christopher Jiggins & Sönke Johnsen. *Polarized light as a butterfly mating signal*. *Nature*, May 1, 2003.
6. Shawkey, M.D., Morehouse, N.I. and Vukusic, P. *A protean palette: colour materials and mixing in birds and butterflies*. *Journal of the Royal Society Interface*, 6, 2009. S221-S231.
7. L.M. Mather et al. *Mechanism and behavioural function of structural coloration in cephalopods*. *Journal of the Royal Society Interface*, 6, 2009. 149-163.

8. Г.Е.Кричевский. Структурная окраска. «Химия и жизнь», № 11, 2010. С.13-15.
9. Shuichi Kinoshita. *Structural Colors in the Realm of Nature*. World Sci.Publ.Comp. 2008. 368 p.
10. Kim, H., Ge, J., Kim, J., Choi, S., Lee, H., Lee, H., Park, W., Yin, Y. & Kwon, S. *Structural colour printing using a magnetically tunable and lithographically fixable photonic crystal*. *Nature Photon.* 3, 534 (2009).
11. Glover BJ & Whitney, HM. *Structural colour and iridescence in plants: the poorly studied relations of pigment colour*, *Annals of Botany*, 105, (pp. 505-511), 2010.

Библиографическая ссылка: Кричевский Г.Е. Структурная (беспигментная) окраска // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 60-89

Article reference: Krichevsky G.E. Structural (pigmentless) coloration // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 60-89

Проблемы катализа и нанотехнологии

Исаева В.И., Кустов Л.М.

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН

119991 Москва, Ленинский проспект, 47

v_isaeva@inbox.ru

Аннотация. Создание катализаторов нового поколения – нанокатализаторов – является одним из важнейших направлений «зеленой» химии. Достижения в области нанотехнологий свидетельствуют о новой эре катализа и обеспечивают инструменты для выполнения требований «зеленой» химии. Нанокатализаторы обладают высокой активностью, селективностью и производительностью в сочетании с легкостью восстановления катализатора. В настоящее время наночастицы являются одними из основных промышленных катализаторов и находят широкое применение, начиная от химического производства и заканчивая преобразованием и хранением энергии. Данный обзор посвящен современным тенденциям в области нанокатализа и их взаимосвязи с принципами «зеленой» химии.

Ключевые слова. Нанотехнологии, нанокатализаторы, катализаторы, катализ, каталитические процессы, зеленая химия.

UDC 542.973

Problems of catalysis and nanotechnology

Isaeva V.I., Kustov L.M.

The Institute of organic chemistry. N. D. Zelinsky RAS

119991 Moscow, Leninsky prospect, 47

v_isaeva@inbox.ru

Abstract. The development of advanced catalyst of new generation – nanocatalysts – is one of the most important concepts of «green» chemistry. The advances in nanotechnology manifest a new era in catalysis and provide the tools for the fulfillment of green chemistry requirements. Nanocatalysts have high activity, selectivity and productivity coupled with the ease of catalyst recovery. Nowadays nanoparticles (NPs) are the most important industrial catalysts and have wider application ranging from chemical manufacturing to energy conversion and storage. This mini-review deals with the modern trends in nanocatalysis and their relationship with «green» chemistry principles.

Keywords. Nanotechnology, Nanocatalyst, Catalysts, Catalysis, Catalytic Processes, Green Chemistry.

Проблемы катализа и нанотехнологии

Введение

Катализ играет центральную роль в химических превращениях, каталитические системы способны ускорять протекание химических реакций, как органических, так и неорганических соединений, в несколько тысяч, а иногда и миллионов раз. Именно поэтому каталитические реакции лежат в основе многочисленных методик, которые используют в исследовательских и заводских лабораториях, а главное – в основе используемых технологий нефтепереработки и химической промышленности. В отсутствие катализаторов были бы недоступны многие продукты, важные для промышленности и повседневной жизни человека. Так, с использованием каталитических процессов получают ценные химические реагенты, полимеры, пластмассы, красители, очистители, пестициды, заменители сахара, косметические продукты, антибиотики, лекарственные препараты и топливо. Катализаторы используются в 90% химических процессов в мировом масштабе [1]. Впечатляющим является тот факт, что одна треть прироста валового национального продукта США обязана каталитическим процессам [2]. Обширные исследования посвящены изучению катализаторов и разработке новых систем для различных процессов, старых и новых. Производство катализаторов оценивается в сумму свыше \$10 миллиарда долларов в пересчете на продажи. Эта отрасль промышленности подразделяется на четыре основных сектора: катализаторы для нефтепереработки и нефтехимии (крекинг, гидроочистка, алкилирование, изомеризация, дегидрирование, гидрирование и селективное окисление), производства химических реагентов, полимеризации и катализаторы дожигания выхлопных газов автомобилей. Классическим примером является использование катализаторов для превращения полезных ископаемых (природный газ, метан, уголь, нефть, и т.п.) в ценные продукты.

Из школьной химии мы знаем, что, используя определенные вещества, можно снизить температуру химических превращений, ограничить количество отходов и улучшить селективность реакции или избирательность в отношении целевого продукта, что дает возможность устранить нежелательные побочные процессы [3]. Важной особенностью применения катализаторов является то, что его количество, используемое для проведения химической реакции, очень мало. Если количество большое, то это – реагент, а не катализатор. Определяющей тенденцией современного катализа является снижение количества катализатора, используемого для проведения различных процессов. Разработка и внедрение «продвинутых» катализаторов нового поколения является одним из наиболее важных концепций «зеленой» химии или экохимии. Согласно этим принципам, каталитические реагенты, насколько возможно селективные, являются более предпочтительными, чем стехиометрические реагенты. Действительно, стехиометрические реагенты используются в избытке и только один раз, в то время как каталитические реагенты используются в малых количествах и могут проводить одну и ту же реакцию мно-

жество раз. «Работать как природа» является базовым принципом «зеленой» химии, что обеспечило развитие катализа как мультидисциплинарной области науки с долгой и «яркой» историей. Даже в рамках школьной программы катализ изучают как на уроках химии, так и биологии. Именно привлечение катализа делает производство более экономичным, устойчивым и «зеленым» [4]. А природа советует нам проводить реакции, родственные окружающей среде, с использованием микроорганизмов или ферментов.

При рассмотрении трех основных категорий катализа: гомогенный, гетерогенный и ферментативный – очевидно, что именно ферментативный катализ является наиболее эффективным. Отличительным свойством ферментов является 100% селективность при проведении каталитических процессов. Для характеристики специфичности их действия в ферментативном катализе используется название «ключ-замок», характеризующее взаимодействие «фермент-субстрат». Вторым удивительным свойством биокатализаторов-ферментов является очень узкий температурный интервал их действия ~ 35-40 °С и проведение каталитической реакции при атмосферном давлении. Это отличает ферменты от синтетических катализаторов, как правило, оперирующих при повышенных давлениях и температуре.

В настоящее время разработан широчайший спектр гетерогенных катализаторов. Эти каталитические системы являются коммерчески доступными и с успехом применяются для получения продуктов тонкого и основного химического синтеза [5]. Однако, ключевым аспектом успешной реализации сложных и многообразных технологических процессов является разработка и дизайн новых катализаторов со свойствами, улучшенными по сравнению с предыдущим поколением этих материалов. Гетерогенные катализаторы должны отвечать требованиям «зеленой химии», одной из целей которой является устранение или, по крайней мере, резкое снижение загрязнения, вызванное промышленным, в особенности, нефтехимическим производством. Эта задача или, скорее, «вызов» является мощным стимулом для разработки современных продвинутых катализаторов, дизайн которых начинается с инженерии структуры активных центров, ответственных за катализ, на атомарном уровне. Такая методология или нанотехнология приготовления катализаторов обеспечивает селективное превращение реагентов непосредственно в целевые продукты, без образования побочных веществ, которые обычно выделяются в окружающую среду в виде вредных выбросов или отходов. Более того, структура такого продвинутого катализатора приближает его к ферментам, у которых функции и строение активного центра определяется его специфическим микроокружением. За счет высокой реакционной способности новых каталитических систем становится возможным проведение реакции в мягких условиях, что также приближает их к биокатализаторам. Насущной является также потребность в таких каталитических системах, которые были бы активны подобно гомогенным катализаторам и при этом легко отделялись бы от реакционной массы, как гетерогенные.

Нанокатализаторы

Развитие нанотехнологии произвело революцию в гетерогенном катализе, обеспечивая инструменты для создания каталитических систем принципиально нового типа, соответствующих перечисленным выше критериям [1]. Этими катализаторами являются высокодисперсные частицы металлов и их оксидов с размером, изменяющимся в нанодиапазоне, т.е. 1-100 нанометров. Некоторые основные преимущества нанокатализа приведены на Схеме 1. Наночастицы синтезируются способами, которые подразделяются на 2 основных подхода: (1) нисходящий (top-down) и (2) восходящий (bottom-up) [6]. Нисходящий способ включает измельчение материала до наночастиц, например, механическое истирание, термическое или химическое разложение. К восходящему способу относятся золь-гель метод, сольвотермальный синтез, в том числе в условиях СВЧ-активации реакционной массы.

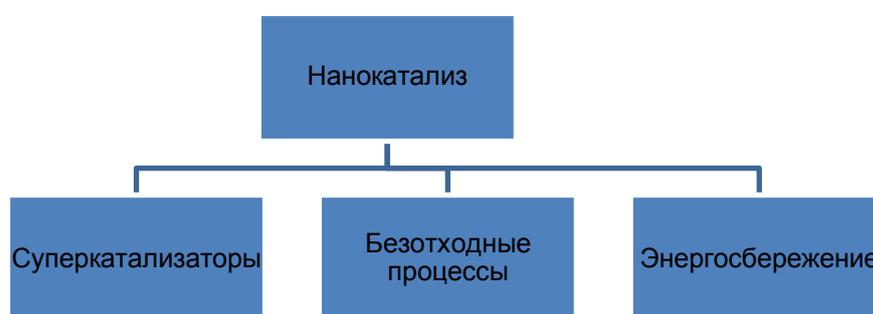


Схема 1. Основные преимущества нанокатализа.

В настоящее время, наночастицы металлов являются предметом интенсивного исследования, представляя собой новый тип современных функциональных материалов. Такие наноструктуры имеют уникальные физико-химические (электронные, магнитные оптические и т.д.) свойства, отличающие их от характеристик индивидуальных атомов или объемных аналогов частиц компактного металла (т.е. более крупных частиц). Эти свойства обеспечивают востребованность наночастиц в процессах превращения и хранения энергии, для создания противоопухолевых препаратов, сенсорных устройств, и, прежде всего, для проведения различных каталитических процессов [7]. Стоит отметить, что «мода» на использование малых наночастиц металла – менее 10 нм впервые появилась еще в 60-е годы. Однако, из-за недостаточного развития методов физико-химической характеристики наноструктур интерес к ним несколько угас. Затем, настоящий бум возник позже, примерно, в начале 2000 годов, с развитием современных методов их синтеза и исследований, в первую очередь, просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения и сканирующей электронной микроскопии с полевой эмиссией.

Поскольку в названии наночастиц уже содержится некоторая информация относительно их размера, в настоящее время нанотехнология, в основном развивается, по двум направлениям: (1) синтез наночастиц контролируемого размера и формы и их всестороннее физико-химическое исследование и (2)

поиск наиболее подходящей сферы применения наночастиц, какой, в первую очередь, и является нанокатализ.

Размер наночастиц определяет потенциальную область их применения. Например, для использования в медицине, к примеру, для направленной доставки лекарств в живом организме, пригодны биосовместимые наноматериалы размером до 100 нм, а для эффективного использования в катализе размер наночастиц не должен превышать 20 нм. Интерес к наночастицам как каталитическим системам стимулировали значительные усилия по разработке методов их синтеза и характеристики.

Получение стабильных наночастиц является основной задачей нанохимии. Наночастицы небольшого размера (до 20 нм) обладают свойствами, наиболее интересными в плане их дальнейшего применения в катализе, однако они имеют высокую поверхностную энергию и легко агрегируют в большие конгломераты с ухудшенными каталитическими свойствами. В связи с этим, значительные усилия исследователей направлены на разработку новых методов стабилизации наночастиц [8]. Регулирование размера наночастиц в процессе синтеза, как правило, проводится с применением различных стабилизирующих или «покрывающих» агентов: органических молекул с азот, серо- и фосфорсодержащими функциональными группами, ПАВ (солей аммония), полимеров (поливиниловых спиртов, поливинилпирролидона, блок-сополимеров), дендримеров (например, полиамидоаминов), ионов, полиоксоанионов и т.д. [9]. Тем не менее, органические полимеры не стабильны при высоких температурах, а проведение каталитических реакций в растворах может сопровождаться набуханием полимера, что приводит к значительным ограничениям по массопереносу. Применительно к катализу, надлежащий выбор стабилизирующих агентов, создающих вокруг наночастицы защитный слой, является очень важным фактором. Действительно, такие соединения могут воздействовать на поверхностные свойства наночастиц, которые регулируют природу активных центров (морфология) и микроокружение наночастиц на поверхности носителя (стерический и/или электронный эффекты) [9]. Такое химическое модифицирование наночастиц, в том числе, применение органических лигандов, может приводить к генерированию у них новых каталитических свойств [10]. Например, в асимметрическом катализе, который используют для получения оптически активных соединений, используют хиральные (оптически активные) агенты, стабилизирующие и модифицирующие наночастицы металла. Свойства нанокристаллов зависят также от химической природы поверхности. Носитель наряду с органическими молекулами-стабилизаторами также может модифицировать химические свойства наночастиц, благодаря собственным электронным и/или стерическим характеристикам.

Использование пористых носителей для закрепления наночастиц является более эффективным способом предотвращения их агломерации до и после каталитической реакции. Кристаллические высокоупорядоченные материалы с высокой поверхностью и развитой системой пор, цеолиты и мезопористые

силикаты, углеродные и полимерные пористые системы, а также металл-органические каркасные структуры (MOF) или пористые координационные полимеры позволяют стабилизировать наночастицы металлов (монометаллические или сплавные) в пористой матрице, эффективно ограничивая их рост [11] (Рис. 1).

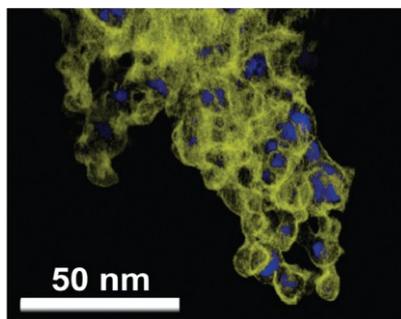


Рис. 1. Изображение наночастиц Ag (синий), закрепленных в пористой матрице металл-органического каркаса (пористого координационного полимера) MOF-508 (желтый), полученное с помощью томографии. Видно, что наночастицы серебра равномерно распределены в порах носителя и отличаются однородным распределением по размеру [1].

Действительно, большинство промышленных катализаторов в настоящее время содержат активную фазу в виде наночастиц металлов, нанесенные на перечисленные пористые носители или внедренные в их поры.

В последние годы нанокатализ развивается как принципиально новая область науки благодаря уникальным свойствам наноматериалов. Нанокатализаторы, т.е. катализаторы на основе наночастиц металлов (как правило, переходных) или их оксидов, объединяют положительные характеристики как гомогенных, так и гетерогенных каталитических систем. Эти материалы отличаются от «объемных» катализаторов более высокой активностью и селективностью. Нанокатализаторы позволяют быстро и селективно проводить химические превращения с высоким выходом целевого продукта в сочетании с простотой выделения и регенерации катализатора. Такое отделение из реакционной среды или системы имеет принципиальное значение и является наиболее важной характеристикой для отбора каталитических систем, предназначенных для проведения промышленных процессов, разрабатываемых на принципах «зеленой» химии.

Следует отметить, что причины превосходных каталитических свойств наночастиц до сих пор не полностью объяснены. К настоящему времени известно, что большая поверхность наночастиц, вероятно, объясняет их повышенную каталитическую активность [12]. Структурные свойства и форма материалов с размером частиц в нанодиапазоне также оказывает влияние на их каталитическую активность. Тонкая регулировка состава нанокатализаторов, т.е. приготовление биметаллических наночастиц, частиц типа «ядро-оболочка», использование носителя для закрепления на нем наночастиц, управление размером и формой позволяют достичь высокой селективности. Фундаментальный принцип нанокатализа заключается во взаимосвязи уникальных каталитических свойств наноматериалов и их структуры и морфоло-

гии на атомарном уровне. Таким образом, стимулом к развитию исследований в области нанокатализа является выяснение вопроса о том, как физические свойства наночастиц влияют на их каталитические характеристики и как, в свою очередь, параметры процесса приготовления наночастиц воздействуют на их физические свойства. Знание этой взаимосвязи, помогает получать нанокатализаторы, которые являются высокоактивными, высокоселективными и стабильными. Все эти преимущества нанокатализаторов позволяют сделать промышленные процессы безотходными и энерго- и ресурсосберегающими, что, несомненно, сведет к минимуму воздействие на окружающую среду.

Вместе с прогрессом в области разработки высокоэффективных нанокатализаторов, интенсивно исследовались также способы повышения их стабильности и создания условий для их регенерации [13]. В этом контексте стоит упомянуть также несомненную «пользу» применения пористых носителей для закрепления наночастиц. Разнообразные неорганические углеродные и гибридные металл-органические материалы [14] помимо своих стабилизирующих свойств также дают возможность легко отделить нанокатализаторы от реакционной массы после их использования в каталитическом процессе. В последние годы появилась также новая тенденция в области разработки гетерогенных каталитических систем, которая заключается в использовании носителей с магнитными свойствами для выделения катализаторов из реакционной среды. Это действительно, очень просто и быстро сделать с применением магнита.

Характеристики нанокатализаторов

Рассмотрим более подробно базовые свойства нанокатализаторов. Как уже отмечалось выше, большая поверхность наночастиц и связанные с ними специфические электронные и квантовые эффекты способствуют повышенной активности и селективности при использовании нанокатализаторов. К настоящему времени установлено, что эти важные характеристики каталитических систем существенно зависят от размера и структуры наночастиц. Тонкое регулирование или «тюнинг» морфологии наночастиц является задачей, привлекающей внимание исследователей самых разных специальностей, имеющих дело с нанотехнологиями, от электроники до медицины. Применительно к катализу, этот неуклонно возрастающий научный интерес обусловлен тем, что направление реакции в значительной степени определяется поверхностью наночастиц, а структура поверхности и ее электронное состояние непосредственно влияет на активность и селективность наноразмерной каталитической системы. Таким образом, селективность и активность частиц зависит, в основном, от возможности целенаправленного формирования определенной наноструктуры с желаемым составом [15]. В частности, каталитическая активность наночастиц определяется (1) строением ее поверхности, т.е. определенным сочетанием граней, углов и плоскостей, которые образуют поверхность и (2) доступностью кристаллографических плоскостей, формирующих

поверхность наночастиц, и отдельных активных центров для реагентов, участвующих в катализе [16].

Нанотехнологии включают широкий набор новых методов приготовления наноматериалов контролируемого размера и формы. Большинство разработанных методик успешно используется в гетерогенном катализе. В частности, контроль размера наночастиц является перспективным способом регулирования активности и селективности катализаторов на их основе. Координационная ненасыщенность или низкое координационное число атомов на поверхности наночастицы (степень участия в связывании с соседними атомами, что повышает возможность образовывать связи с молекулами реагентов, участников каталитической реакции), представляет собой наиболее существенное различие между атомами на поверхности и в объеме наночастиц. Именно координационная ненасыщенность обеспечивает более высокую реакционную способность атомов поверхности. Очевидно, что число поверхностных атомов существенным образом увеличивается по мере снижения размера наноструктур. Таким образом, активность частиц связана с координационным числом активных центров (атомов) на поверхности наночастиц. На поверхности малых наночастиц, в основном, находятся активные центры с низким координационным числом. Доля поверхностных атомов с высоким координационным числом повышается с увеличением размера наноматериалов.

По мере снижения размера электронные свойства наночастиц и структура их поверхности сильно изменяется. В особенности, это верно для наночастиц, имеющих размер, не превышающий нескольких нанометров. Имеющие такой малый размер наночастицы металлов могут утрачивать свои «металлические» свойства. Например, вместо «размытых», характерных для компактных металлов, электронные энергетические уровни наночастиц будут иметь дискретные уровни. Это явление имеет место из-за ограниченного числа атомов в частице. Электронная структура наночастиц может подвергаться другим изменениям в результате квантовых эффектов. Интересно, что такие изменения часто приводят к улучшению каталитической активности.

Возможность оптимизации строения и состава активных центров появляется за счет изменения размера наночастиц. В свою очередь, большое число активных центров определенной структуры, которые содержатся в наночастицах, создает условия для повышения активности катализаторов на их основе, что расширяет возможности гетерогенного катализа. Очевидно, что большая поверхность активных центров нанокатализаторов приводит к увеличению площади контакта и, вследствие этого, к увеличению скорости каталитического процесса. Повышенная активность объединяет наночастицы с гомогенными катализаторами, для которых характерно именно это свойство. Стоит отметить, что сама нерастворимость в реакционной среде делает нанокатализатор гетерогенным, даже если наночастицы активной фазы не закреплены на твердом носителе. Такой нанокатализатор легко отделить от реакци-

онной среды, и эта возможность деления роднит их с гетерогенными катализаторами [17].

Несмотря на приведенные выше доказательства существования размерного эффекта т.е. влияния размера наночастиц металлов на их каталитические свойства, этот вопрос остается до сих пор дискуссионным. Из-за ограничений, существующих в настоящее время в методологии приготовления катализаторов, размерный эффект систематически не изучался. С одной стороны, разработанные к настоящему времени методы синтеза наночастиц являются надежным инструментом контроля их размера. Однако, в основном, эти способы могут служить для получения наночастиц с размером, изменяющимся лишь в небольшом диапазоне. Для получения частиц с размерами, варьируемыми сколь угодно широко, нужны, по-видимому, нетривиальные, комбинированные методики. Однако, стоит учесть, что их специфические детали могут сами по себе определять каталитические свойства гетерогенной системы. Так, от способа приготовления нанесенных наночастиц зависит их локализация (или расположение) на поверхности или в порах носителя. Это, в свою очередь, влияет на доступность активных центров, повышая или снижая скорость каталитического процесса. Таким образом, выбор метода приготовления, а также другие факторы, могут также оказывать влияние на свойства катализатора, маскируя действия размерного эффекта. В этой связи, на первый план выдвигается проблема деления нескольких факторов, действующих на каталитическую активность наночастиц.

Традиционно считают, что размер наночастиц активной фазы влияет на свойства многих гетерогенных катализаторов, задействованных в процессах, протекающих в жестких условиях, при высоких температурах и давлении. Однако, размерный эффект может также иметь место в случае процессов, реализующихся в более мягких условиях, подобно конверсии олефинов [18]. Результаты экспериментов, проведенных различными группами исследователей, указывают на то, что для определенной каталитической реакции оптимальным является «свой» специфический размер наночастиц активной фазы. Например, для наночастиц палладия – катализаторов гидрирования – таким размером является 6-7 нм. Для гидроаминирования оптимальный размер наночастиц золота составляет примерно 10-15 нм [19]. Напротив, скорость процесса синтеза углеводородов из водорода и монооксида углерода по Фишеру-Тропшу не зависит от размера наночастиц активной фазы, однако при размере наночастиц менее 7 нм она резко снижается.

Мы уже знаем, что размер наночастиц создает условия для обеспечения оптимального отношения металлических активных центров с низким и высоким координационным числом, в свою очередь, форма наночастиц отвечает за специфическое расположение этих центров на поверхности. Приготовление наночастиц желаемой формы, которую можно варьировать в широком диапазоне, является нетривиальной проблемой или, точнее, вызовом. Решение этой задачи связано с большими трудностями, чем контроль размера наночастиц в процессе их приготовления. Тем не менее, некоторые успешные

шаги уже сделаны в этом направлении. В результате развития нанотехнологии имеются примеры контроля формы наночастиц металлов. Например, перспективным методом для получения наночастиц определенной формы является использование заранее сформированных центров кристаллизации [20]. Результаты современных каталитических исследований доказали значение формы наночастиц для управления их активностью и селективностью. Действительно, в зависимости от формы, наночастицы имеют специфическую структуру поверхности с координационно-ненасыщенными активными центрами различного состава, определяющими их свойства. Следствием таких различий является то, что активность и селективность катализатора зачастую определяется лишь небольшим количеством специфических участков поверхности. Такая возможность дизайна гетерогенных каталитических систем базируется на различной реакционной способности активных центров на поверхности наночастицы. Приготовление наночастиц с формой, необходимой для проведения конкретного каталитического процесса, открывает путь к созданию катализаторов нового поколения с высокой активностью или селективностью, а лучше с обеими характеристиками.

Несмотря на очевидные успехи, сделанные в этом направлении, проблема получения наночастиц желаемой формы до конца не решена. В основном, исследуемые катализаторы представляют собой гранецентрированные кубические (fcc) наночастицы металлов, активные центры которых находятся на кристаллографических плоскостях (100). Получены также наночастицы тетраэдрической или октаэдрической формы с активными центрами на плоскостях (111). Имеются примеры катализаторов с наночастицами смешанной, кубооктаэдрической формы. И на этом, весь спектр возможных форм наночастиц почти исчерпан, поскольку частицы другого вида, отличные от вышеперечисленных, контролируемым способом приготовить сложнее, поэтому они редко используются в катализе. Исключением являются очень интересные частицы в виде нанопроволоки, селективный рост которых достигается с применением ПАВ. Эти наноструктуры содержат повышенное количество координационно-ненасыщенных центров [21]

Дизайн высокоэффективных нанокатализаторов включает контролируемое формирование специфических активных центров с особой локальной геометрией и морфологией. Информация, полученная в результате изучения поверхности катализатора современными экспериментальными методами и с помощью квантово-механических расчетов, позволяет достаточно уверенно предсказать, какие именно специфические активные центры или атомы определенного вида и электронной структуры в составе наночастиц нужны для улучшения каталитической активности и селективности в конкретных каталитических процессах. Важную роль в этом играет применение нанопористых носителей гетерогенных катализаторов, содержащих наночастицы металлов. Современные методики синтеза носителей, основанные на нанотехнологиях, позволяют успешно создавать такие активные центры на поверхности катализатора контролируемым образом. Эти носители способствуют

высокой дисперсности закрепленных на них наночастиц, а за счет развитой системы пор обеспечивают контролируемый рост на них небольших наночастиц металлов с распределением частиц по размерам и форме в узком диапазоне. Эта синергия фундаментальных исследований в катализе и современных нанотехнологий открывает уникальные возможности выведения катализа на новый уровень. Разработанные в результате такого прогресса нанокатализаторы позволяют создавать новые селективные процессы для каталитического синтеза сложных молекул, включая физиологически активные соединения, прежде всего, лекарственные препараты.

«Тюнинг» состава нанокатализаторов

Важным инструментом регулирования каталитических свойств наночастиц является варьирование их состава. В результате может значительно улучшаться селективность этих материалов. Например, синтез биметаллических сплавных наночастиц и наночастиц «ядро-оболочка», а также приготовление наночастиц с контролируемым состоянием поверхности являются надежными инструментами нанотехнологии. Они могут проявлять не только свойства, присущие двум различным металлам, но также и новые характеристики, возникающие благодаря синергии соединения двух металлов в одной наноструктуре.

Как правило, действие катализатора является специфичным: конкретный катализатор способен ускорять одну-две конкретные реакции. Это объясняет интерес исследователей к бифункциональным катализаторам, у которых присутствуют активные центры двух типов. Эти системы способны ускорять одновременно две различные каталитические реакции. Такое свойство позволяет совмещать эти реакции в одном процессе. Если это последовательные реакции, то говорят о т.н. домино-реакциях или каталитическом процессе «one-pot» (несколько реакций в одной колбе), таком процессе, при котором не нужно выделять промежуточные продукты (полупродукты). Эффективным способом создания бифункциональных катализаторов является соединение наноструктур двух или более металлов в одной частице.

В последние годы, значительный прогресс был сделан в области синергетического катализа с использованием гетерометаллических наночастиц. Гетерометаллические наночастицы образованы атомами двух или более металлов с различной наноструктурой (сплавы/интерметаллиды, структуры «ядро-оболочка» или «core-shell», гетероструктуры и т.д.). Синергетический эффект в отношении свойств гетерометаллических нанокатализаторов обусловлен изменением их электронного состояния, что связано с вариациями геометрических параметров частиц. Поскольку свойства поверхности наночастицы тесно связаны с их каталитическими свойствами, модифицирование поверхности наноструктуры путем введения другого компонента или изменение ее морфологии способствует контролируемому «тюнингу» или управлению каталитическими свойствами. Действительно, гетерометаллические наночастицы отличаются улучшенными физическими и химическими свойствами по

сравнению с монометаллическими наноматериалами, что делает их эффективными катализаторами. При формировании таких наноструктур со сложной «архитектурой» происходят локальные деформации на атомном уровне и изменяется эффективное координационное число атомов на поверхности. Контролируемое варьирование этих свойств дает возможность управлять активностью и селективностью нанокатализатора.

В частности, биметаллические наночастицы «ядро-оболочка» в настоящее время, являются особенно популярными у исследователей благодаря уникальным свойствам, отличающим их от наноматериалов иного типа [22]. Как и для наночастиц металлов другой структуры, гетерогенный катализ является одной из наиболее важных сфер их применения. Даже небольшие изменения в структуре, размерах и химическом составе биметаллической наночастицы «ядро-оболочка» могут существенным образом влиять на их физико-химические свойства. В случае этих наноструктур каталитическая реакция происходит исключительно на «оболочке», однако ядро такой сложной наночастицы оказывает значительное влияние на каталитические свойства в целом. Наблюдается и обратная зависимость: каталитические свойства наночастиц в составе «ядра» могут быть существенно улучшены за счет «оболочки» путем т.н. «эффекта лиганда».

Наночастицы «ядро-оболочка» получают одновременным или последовательным восстановлением солей металла. Это наноструктуры, состоящие из частиц внутри «ядра» и частиц на поверхности, на «оболочке» которые отличаются по составу и электронному строению, а также микроморфологии, например, Au@Ag (Рис. 2).

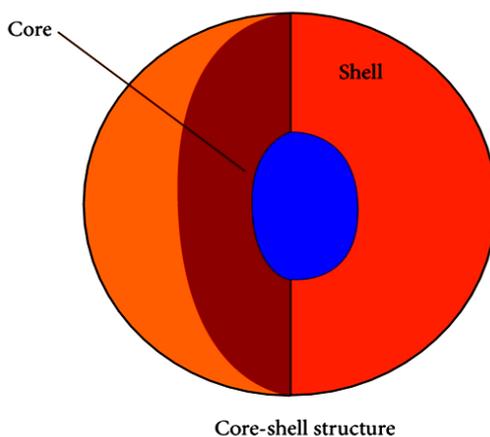


Рис. 2. Схематическое изображение наночастицы «ядро-оболочка» (Core-shell).

Однако, в рамках традиционного двухстадийного способа приготовления малых частиц менее 10 нм без использования стабилизаторов/ПАВ представляется весьма сложной задачей. Как и в случае наночастиц металлов иной природы, для стабилизации биметаллических частиц этого вида используют высокопористые материалы с большой удельной поверхностью. Прежде всего, к ним относятся металл-органические координационные полимеры (или MOF), представляющие собой новый класс нанопористых материалов [23]. Именно применение структур MOF, отличающихся сверхвысокой удельной

поверхностью, превышающей для многих представителей этого класса гибридных материалов $3000 \text{ м}^2/\text{г}$, позволило стабилизировать наночастицы «ядро-оболочка» размером всего лишь несколько нанометров.

Снижение стоимости нанокатализаторов

Важной проблемой проведения каталитических исследований, ассоциированных с нанотехнологиями, является высокая стоимость катализаторов, которая зачастую перекрывает стоимость самих продуктов. Очевидным способом решения этой проблемы является разработка каталитических систем, содержащих неблагородные металлы вместо благородных. Например, в некоторых случаях палладий удается с успехом заменить на медь или железные наночастицы, к примеру, в некоторых реакциях гидрирования углеводородов. Справедливости ради стоит сказать, что при этом снижается скорость процесса, а выигрыш очевиден – экономия благородного металла.

Как было отмечено выше, в соответствии с принципами «зеленой» химии, важным направлением развития технологии приготовления нанокатализаторов является существенное снижение количества активного компонента по сравнению с известными каталитическими системами. Эта проблема приобретает особую актуальность, если активный компонент – благородный металл. В настоящее время разработаны новые низкопроцентные катализаторы, содержащие активный компонент практически в гомеопатических дозах – до $0,1\%$ [24]. Это позволяет также повысить однородность распределения наночастиц металла на поверхности катализатора и снизить их размер. Вследствие этого, низкопроцентные катализаторы являются, как правило, более селективными.

Выше отмечалось, что наиболее эффективным способом использования наночастиц для создания каталитических систем является закрепление их на носителях с высокой удельной поверхностью [25]. Такой подход оптимизирует отношение поверхность-объем в катализаторе, поскольку очевидно, что именно поверхность является ответственной за катализ. Но что если содержание активного компонента в катализаторе будет уменьшено до предельной величины? Ответ на этот вопрос дает следующий этап развития нанотехнологий в области гетерогенного катализа – катализ на одном атоме (single-atom катализ, SAC). Эта инновационная концепция в последние годы привлекает внимание исследователей в области гетерогенного катализа [26]. SA-катализ является мощным инструментом «зеленой» химии, поскольку при использовании такого рода гетерогенных систем достигается значительное снижение стоимости катализатора, высокая активность и селективность. Применительно к SA-катализаторам говорят об экономичности процесса на атомном уровне (atom-efficient), что также отвечает принципам «зеленой» химии. Такие катализаторы представляют собой равномерно распределенные на поверхности твердого носителя изолированные атомы. Эти атомы металлов, прочно прикрепленные к носителю, могут действовать как активные центры. SA-катализаторы демонстрируют специфические свойства, такие как

снижение стоимости, значительная каталитическая активность и селективность. Действительно, при использовании этих каталитических систем решается проблема однородности активных центров, что обеспечивает необходимую высокую селективность процесса.

При рассмотрении SA-катализаторов можно проследить четкую взаимосвязь между гомогенным и гетерогенным катализом. Действительно, изолированные атомы – активные центры, прикрепленные к поверхности носителя, можно рассматривать как металлокомплексы, связанные с поверхностью, по существу, аналоги гетерогенизированных металлокомплексов. Интерес к таким каталитическим системам, представляющим металлокомплексы, привитые к поверхности носителя, наблюдался в 70-80е годы. Предполагалось, что такие катализаторы будут сочетать активность и селективность гомогенных каталитических систем и рециклизуемость (т.е. возможность повторного применения после выделения), а также стабильность гетерогенных систем. Однако, тогда эти надежды не оправдались, прикрепленные к поверхности металлокомплексы уступали в отношении активности и селективности гомогенным аналогам. Новое «дыхание» эта концепция обрела именно с разработкой SA-катализаторов. В этом случае поверхностные функциональные группы или атомы носителя можно рассматривать как лиганды, взаимодействующие с активными центрами – изолированными атомами металла. Очевидно, что в этом случае существенное влияние на каталитические свойства активных центров оказывает химическая природа поверхности.

Заключение

Таким образом, результаты современных исследований говорят о дальнейшем развитии синергии нанотехнологии-катализ. Первоочередная задача исследователя в этой области заключается в детальном выяснении эффектов состава, размера и структуры частиц и их воздействия на свойства катализатора. Конечной целью исследований наноструктурированных материалов является определение закономерностей этих сложных систем для разработки новых катализаторов и «зеленых» каталитических процессов.

Прогресс в этом направлении осложнен следующим обстоятельством: противоречивостью результатов экспериментов, с использованием в качестве катализаторов наночастиц заданной определенной формы или размера. Например, многочисленные исследования указывают на то, что в процессах гидрирования углеводородов наночастицы металлов с большой поверхностью отличаются улучшенными каталитическими свойствами, однако, при рассмотрении других данных отмечается противоположная тенденция. Далее, предполагается, что кристаллографические плоскости (100) являются более предпочтительными в плане катализа, чем плоскости (111). Однако приводится крайне ограниченный набор экспериментальных доказательств существования такого явления. Более того, имеются данные, что для реакций парциального гидрирования углеводородов скорее реализуется противоположная тен-

денция, где наибольшая каталитическая активность определяется плоскостью (111).

Существенной проблемой, которую предстоит решить с привлечением приемов и подходов нанотехнологии является также отсутствие воспроизводимых стандартизованных методик синтеза наноструктур. В результате этого, формируемые наночастицы имеют кристаллографические плоскости различного типа в своем составе. Тем не менее, уже существующие и развивающиеся нанотехнологии могут привести к разработке высокоэффективных катализаторов на основе наночастиц желаемой морфологии уже в самом недалеком будущем.

Перспективным подходом к тонкому манипулированию составом катализатора является создание более сложных наноструктур, таких как «ядро-оболочка». Проблемой является, однако, то, что результаты исследования наночастиц с «изысканной» архитектурой еще труднее поддаются интерпретации.

Для рационального дизайна нанокатализаторов необходима разработка адекватных методов синтеза и физико-химической характеристики, выяснение роли носителя и влияние его поверхностных свойств на электронные свойства наночастиц, анализ сильного взаимодействия «металл-носитель» и механизма конкретного каталитического процесса. Решение этих проблем будет способствовать дальнейшему прогрессу и утверждению нанокатализа как основы ключевых инноваций и технологий будущего.

Список цитированной литературы

1. F. Zaera, "Nanostructured materials in heterogeneous catalysis", *ChemSusChem* 2013, 6, 1797 – 1820.
2. J. Armor, *What is Catalysis?*, <http://www.nacatsoc.org/what.asp>, The North American Catalysis Society (NACS), 2008.
3. S. B. Singh, P. K. Tandon, "Catalysis: a brief review on Nano-catalysts", *J. Energy Chem. Eng.*, 2014, 2 (3), 106-115.
4. V. Polshettiwar, R. S. Varma, "Green chemistry by nano-catalysis," *Green Chem.*, 2010, 12, 743–754.
5. B. Chen et al., U. Dingerdissen, J.G.E. Krauter, H.G.J. Lansink Rotgerink, K. Möbus, D.J. Ostgard, P. Panster, T.H. Riermeier, S. Seebald, T. Tacke, H. Trauthwein, "New developments in hydrogenation catalysis particularly in synthesis of fine and intermediate chemicals", *Applied Catalysis A: General* 2005, 280, 17–46.
6. K. Yan, X. Wu, X. An, and X. Xie, "Facile synthesis and catalytic property of spinel ferrites by a template method," *Journal of Alloys and Compounds*, 2013, 552, 405–408.
7. V. I. Pârvulescu, C. Hardacre, "Catalysis in Ionic Liquids", *Chem. Rev.*, 2007, 107, 2615-2665.
8. J. Silvestre-Albero, F. Rodriguez-Reinoso, A. Sepulveda-Escribano, "Improved Metal-Support Interaction in Pt/CeO₂/SiO₂ Catalysts after Zinc Addition", *J. Catal.* 2002, 210, 127-136.
9. A.-L. Pelegatta, C. Blandy, V. Colliere, R. Choukroun, B. Chaudret, P. Cheng, K. Philpot, "Catalytic investigation of rhodium nanoparticles in hydrogenation of benzene and phenylacetylene", *J. Mol. Catal. A: Chem.*, 2002, 178, 55-61.

10. B. L. Cushing, V. L. Kolesnichenko and C. J. O'Connor, "Recent advances in the liquid-phase syntheses of inorganic nanoparticles," *Chem. Rev.*, 2004, 104, 3893–3946.
11. V. Isaeva, O. Tkachenko, E. Afonina, L. M. Kozlova, W. Grünert, S.E. Solov'eva, I.S. Antipin, L. Kustov, "2-Butyne-1,4-diol hydrogenation over palladium supported on Zn²⁺-based MOF and host-guest MOF/calix[4]arene materials", *Micropor. Mesopor. Mater.*, 2013, 166, 167–175.
12. W. Niu, G. Xu, "Crystallographic control of noble metal nanocrystals," *Nano Today*, 2011, 6 (5), 265–285.
13. D. Astruc, F. Lu, and J. R. Aranzaes, "Nanoparticles as recyclable catalysts: a frontier field between homogeneous and heterogeneous catalysis," *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2005, 44, 7852–7872.
14. V.P. Ananikov, K.I. Galkin, M.P. Egorov, A.M. Sakharov, S.G. Zlotin, E.A. Redina, V.I. Isaeva, L.M. Kustov, M.L. Gening, N.E. Nifantiev, "Challenges in the development of organic and hybrid molecular systems (Focus Article)", *Mendeleev Commun.*, 2016, 26, 365–374.
15. J. E. Mondloch, E. Bayram, R.G. Finke, "A review of the kinetics and mechanisms of formation of supported nanoparticle heterogeneous catalysts," *J. Mol. Catal. A: Chemical*, 2012, 355, 1–38.
16. Y. M. Li, G. Somorjai, "Nanoscale advances in catalysis and energy applications," *Nano Lett.*, 2010, 10 (7), 2289–2295.
17. K. Yan, G. Wu, C. Jarvis, J. Wen, and A. Chen, "Facile synthesis of porous microspheres composed of TiO₂ nanorods with high photocatalytic activity for hydrogen production", *Appl. Catal. B: Environmental*, 2014, 148, 281–287.
18. H. J. Freund, "Model studies in heterogeneous catalysis", *Chem. Eur. J.*, 2010, 16, 9384–9397.
19. V.I. Isaeva, L. M. Kustov, "Catalytic Hydroamination of Unsaturated Hydrocarbons", *Topics in Catalysis*, 2016, 59, 1196–1206.
20. Y. Xiong, Y. Xia, "Shape-controlled synthesis of Metal nanostructures: The case of Palladium", *Adv. Mater.*, 2007, 19, 3385–3391.
21. S. E. Lohse, C. J. Murphy, "Applications of Colloidal Inorganic Nanoparticles: From Medicine to Energy", *J. Am. Chem. Soc.*, 2012, 134, 15607–15620.
22. M. B. Gawande, A. Goswami, T. Asefa, H. Guo, A. V. Biradar, D.-L. Peng, R. Zboril, R. S. Varma, "Core-shell nanoparticles: synthesis and applications in catalysis and electrocatalysis", *Chem. Soc. Rev.*, 2015, 44, 7540–7590.
23. В.И. Исаева, Л.М. Кустов, "Применение MOFs в катализе", *Нефтехимия*, 2010, 50(3), 179–193.
24. Т.Н. Ростовщикова, М.И. Шилина, Е.В. Голубина, Е.С. Локтева, И.Н. Кротова, С.А. Николаев, К.И. Маслаков, Д.А. Явсин "Адсорбция и окисление СО на наночастицах Au и Ni, осажденных на Al₂O₃ методом лазерного электродиспергирования", *Изв. АН. Сер. Хим.*, 2015, № 4, 812–818.
25. V.I. Isaeva, O.L. Eliseev, R.V. Kazantsev, V.V. Chernyshev, P.E. Davydov, B.R. Saifutdinov, A.L. Lapidus, and L.M. Kustov, "Fischer – Tropsch synthesis over MOF-supported cobalt catalysts (Co@MIL-53(Al))", *Dalton Trans.*, 2016, 45, 12006–12014.
26. S. Liang, C. Hao, Y. Shi, "The Power of Single-Atom Catalysis", *ChemCatChem*, 2015, 7, 2559 – 2567

Библиографическая ссылка: Исаева В.И., Кустов Л.М. Проблемы катализа и нанотехнологии // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 90-105

Article reference: Isaeva V.I., Kustov L.M. Problems of catalysis and nanotechnology // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 90-105

УДК 57.088.52

Связь биотехнологий с областями биомедицинских технических систем

Ершов Ю.А.

*Доктор химических наук, профессор, чл. кор. РАН,
ershov_54@mail.ru*

Аннотация. В статье анализируется цель исследований в области биомедицинских технических систем (БМТС): разработка теоретических основ взаимодействий организм – техническое устройство и автоматизированных методов диагностики. Решение проблем биомедицинских систем актуально в связи с быстро растущим применением технических средств в медицине (биосоставляющая NBICS-технологий).

Ключевые слова: НБИКС-технологии, биотехнологии, биомедицинские технические системы, биоинформация, диагностика клиническая.

UDC 57.088.52

Relation of biotechnologies with areas of biomedical engineering systems

Ershov Yu.A.

*Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences
ershov_54@mail.ru*

Abstract: The aim of research in the field of biomedical engineering systems (BMTS) is analyzed in the article: development of theoretical bases of interactions of an organism – a technical device and automated methods of diagnostics. The solution of the problems of biomedical systems is relevant in connection with the rapidly growing application of technical means in medicine (biocomponent of NBICS technologies).

Keywords: NBICS-technologies, biotechnologies, biomedical engineering systems, bioinformation, clinical diagnostics.

Связь биотехнологий с различными областями медицины

На рис. 1 показана связь биотехнологий с различными областями науки и практики [1]. Различные области медицины, связанные с биотехнологией на рис. 1 выделены.

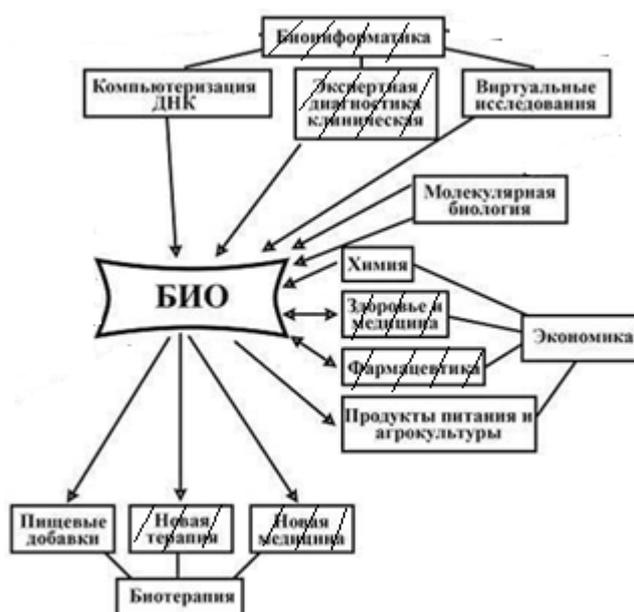


Рис. 1. Связь биотехнологий с различными областями науки и практики

Биомедицинские технические системы [2]

Характерной чертой современного общественного развития является ускоренный рост индустрии техники биомедицинских технических систем (БМТС) для медицины (медтехники) и биотехнологий (биотехники). Один из наиболее известных примеров БМТС – рентгеновская аппаратура, широко используемая для диагностики определения состояния внутренних органов и тканей.

В рентгеновском аппарате излучение рентгеновской трубки проходит через ткани тела человека и в различной степени поглощается ими. В результате на экране получают изображение – теневые проекции внутренних органов. Используя полученную таким образом информацию, можно судить о состоянии организма – ставить диагноз.

В приведённом примере пациент – *биообъект*, а рентгеновский аппарат – *техническое устройство*. Основными элементами этого устройства являются рентгеновская трубка, генерирующая рентгеновское излучение, блок питания, управляющие подсистемы, флуоресцентный экран.

Рентгеноскопия представляет собой неинвазивный (без вмешательства внутрь организма) метод технической диагностики состояния внутренних органов.

Примером современной медицинской техники для функциональной диагностики является реограф – прибор для оценки состояния системы кровообращения. Принцип действия реографа основан на зависимости электропроводности живой ткани от протекающих в ней физиологических процессов.

Изменения импеданса Z участка ткани между измерительными электродами, вызванные колебаниями кровенаполнения сосудов, преобразуются в изменения напряжения U на выходе схемы. Эти изменения затем усиливаются, детектируются и регистрируются в виде кривых – реограмм. На основе реограммы врач ставит диагноз – даёт оценку состояния кровообращения на исследуемом участке тела.

В аэроионотерапии в качестве технического устройства выступает люстра Чижевского с блоком питания и элементами управления. Биологическими объектами являются организм человека в целом, а также микроорганизмы в атмосфере и в лёгких.

К аппаратуре для *жизнеобеспечения при хирургических вмешательствах* относятся специальные технические средства для искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Для обеспечения различных хирургических операций необходимы различные аппараты ИВЛ. Биоадекватность внутренних способов ИВЛ привела к тому, что практически все имеющиеся на рынке аппараты реализуют различные способы. При этом неблагоприятное влияние на гемодинамику и на некоторые другие показатели жизнедеятельности успешно нейтрализуются.

Перечисленные примеры иллюстрируют факт, что во всех образцах медтехники (технических систем) имеет место взаимодействие технического устройства с биологическим объектом: поглощение рентгеновского излучения в тканях организма (рентгеноскопия), взаимодействие отрицательно заряженных аэроионов с лёгкими (в аппарате аэроионотерапии), взаимодействие нагнетаемого при ИВЛ воздуха с легкими.

Единый комплекс, в котором целенаправленно реализуются взаимодействия технического устройства с биологическим объектом, называют *биомедицинской технической системой* (БМТС).

В настоящее время известны многие виды медицинской техники, приборов и аппаратов. Всё многообразие образцов медицинской техники можно классифицировать *по целевым задачам*. В соответствии с такой классификацией выделяют 4 основных класса БМТС:

1. *Диагностические*. К данному классу относятся, например, рентгенографы, реокардиографы, томографы, УЗ-аппараты, электрокардиографы, электроэнцефалографы.
2. *Терапевтические* (аппараты для аэроионотерапии, фототерапии, КВЧ-терапии).
3. *Хирургические* (аппараты для ультразвуковой и лазерной хирургии).
4. *Искусственные органы* (протезы, искусственное сердце) и *аппараты искусственного жизнеобеспечения* (искусственные печень, почка, вентиляция легких).

Системный подход к описанию свойств объекта

Предмет, задачи, методы и цели исследований в области БМТС формулируются в терминах *системного подхода*.

Системный подход определяется как метод научного познания и практической деятельности на основе рассмотрения объектов как *систем*. Системный подход включает *системный анализ* и *системный синтез*.

Системный подход неразрывно связан с понятийным и математическим аппаратом общей теории систем.

Общая теория систем – теория, ориентированная на разработку методологических, научных и прикладных проблем анализа и синтеза *сложных систем* различной природы.

Наиболее характерная черта общей теории систем – *междисциплинарный* характер этого научного направления. Здесь объединяются методы разных наук: от биологии до математики. Очевидна связь NBICS-технологий с теорией систем.

Принято выделять *материальные* и *абстрактные* системы.

Материальные системы разделяются на системы неорганической природы (физические, химические, технические и др.) и *живые системы* (клетки, микроорганизмы, органы и ткани организма, популяции, экосистемы, социальные сообщества).

Класс абстрактных систем включает понятия, гипотезы, теории, модели (формальные, математические), логические и лингвистические системы.

Модель – это материальный (искусственный или естественный) или идеальный (мысленный, абстрактный) или знаковый (семиотический) объект, отображающий ту или иную совокупность свойств объекта-оригинала в виде множества элементов и отношений между ними.

Как отмечено выше, составной частью системного подхода является системный анализ.

Системный анализ – совокупность исследовательских *средств*, используемых для подготовки и принятия решений по сложным проблемам, например, при постановке медицинского диагноза или при разработке технического устройства.

Системный анализ, опираясь на понятие «система», использует построение обобщённых формальных (математических) моделей, отображающих взаимосвязи реальной совокупности объектов, образующих систему. На основе системного анализа осуществляют синтез выделенных подсистем в единое целое – систему

Предмет, задачи и методы количественного описания БМТС

К БМТС относят особый класс сложных систем, состоящих из *биологических* и *технических* компонентов (рис.2).

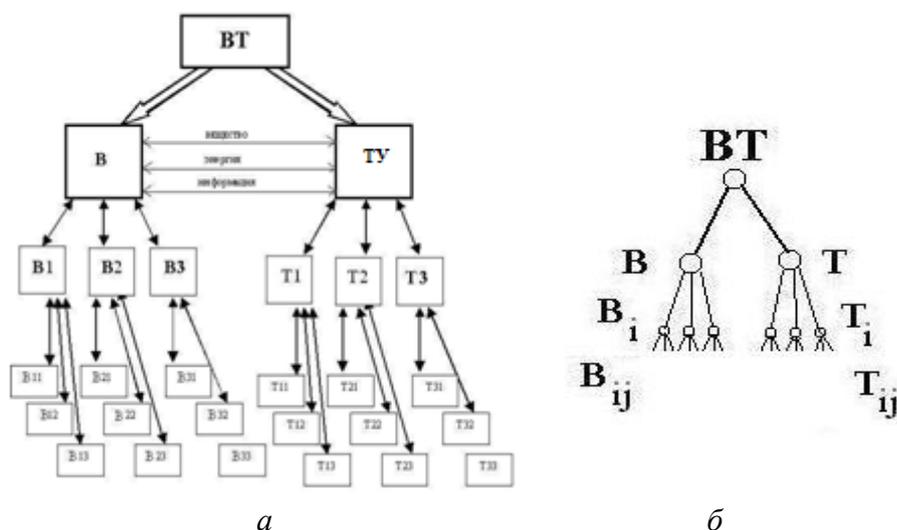


Рис.2. Обобщённые блок-схемы БМТС

а) – блок-схема БМТС; б) – структурный граф БМТС; T_i – основные подсистемы технического устройства (ТУ); T_{ij} – компоненты основных подсистем ТУ, B_i – основные подсистемы биообъекта (В); B_{ij} – компоненты основных подсистем В

Компоненты-подсистемы БМТС объединены и функционируют в едином комплексе управления (рис. 2). Базовыми подсистемами БМТС являются био-логический объект **В** и технический аппарат **Т**.

Между технической подсистемой и биообъектом могут существовать следующие виды взаимодействий (связей): вещественные (потoki массы), энергетические (потoki энергии), информационные (потoki информации).

Набор свойств биологического объекта представляет собой основу для выбора параметров технических подсистем и разработки БТС. Для целей разработки БМТС необходима количественная оценка свойств биообъекта и параметров технических подсистем.

Предмет, задачи и методы теории БМТС можно формулировать следующим образом:

- 1) с позиций *системного подхода* определить требования к характеристикам биомедицинской техники,
- 2) с учетом *специфичности* биологических объектов установить связь целевого назначения и технических характеристик БМТС,
- 3) разработать методы *количественного описания* биологических объектов,
- 4) сформулировать *задачи анализа и синтеза* различных классов БМТС.

Основными принципами количественного описания, анализа и синтеза БМТС являются *биоадекватность, целенаправленность, целостность*.

В теории БМТС различают *инвазивные* и *неинвазивные* способы взаимодействия технических устройств и биологических объектов.

Наиболее известны *инвазивные* способы: анализ крови, пункции костной ткани, биопсии.

Неинвазивные способы используют различие физических и химических свойств подсистем БО, не приводя при этом к разрушению целостной биосистемы.

Современная тенденция развития БМТС состоит в совершенствовании неинвазивных методов. К числу таких методов относятся рентгеноскопия и рео-графия.

Взаимодополнительность методов описания биологических объектов

В биологических объектах протекают многочисленные процессы, происходящие в разных подсистемах, на различных иерархических уровнях и подчиняющиеся своим специфическим законам. Знание закономерностей процессов в их количественной форме позволяет делать *прогноз*, т.е. по заданым в некоторый момент времени t_0 характеристикам биообъекта предсказывать состояния биообъекта в любой будущей момент времени $t > t_0$.

Сложность живых систем обуславливает необходимость использования различных способов описания БО.

Например, при разработке стэнда измерения динамических характеристик упруго-деформационных свойств сосудов и их заменителей (сосудистых протезов) применяются законы классической механики.

Процессы всасывания и распределения в организме лекарственных веществ в ходе медикаментозного лечения являются примером другой области явлений в живых системах – транспорта (переноса) вещества. Эти явления описываются закономерностями кинетики (фармакокинетика), находящими применение при решении проблемы оптимальной дозировки лекарственных средств.

Примером применения методов теории управления в биосистемах может служить анализ гомеостатической способности системы снабжения организма кислородом на больших высотах.

Законы электродинамики необходимы при разработке БМТС, использующих монохроматическое электромагнитное излучение для лечения поражений кожи при псориазе.

Принцип взаимодополнительности методов описания должен использоваться при описании процессов в живых системах.

Например, при исследовании теплообмена организма необходимо рассматривать совместно как минимум две стороны процесса: энергетическую и регуляторную. Энергетическая подсистема описывается термодинамическими закономерностями, а регуляторная функция организма – законами теории управления.

Обобщая перечисленные примеры можно сформулировать следующую последовательность решения задач анализа и синтеза БМТС:

- 1) идентификация физических и химических процессов как в БО, так и в технических подсистемах БМТС,

- 2) использование адекватных моделей и теорий для количественного описания и физических и химических процессов,
- 3) применение принципа взаимодополнительности методов описания.

Кинетическое и термодинамическое описание биологических объектов[3, 4]

Для управления жизнедеятельностью организма, во-первых, нужно знать биохимическую структуру клеток и тканей, во-вторых, биохимическую кинетику и энергетику, в-третьих, нужно знать структуру и динамику межклеточных взаимодействий.

В общем случае при анализе жизнедеятельности организма нужно знать не только свойства отдельных клеток. Не менее важно знать свойства клеточных популяций, из которых состоит организм.

Термодинамика позволяет предсказывать направление и глубину самопроизвольного протекания процессов в зависимости от условий, если известно соответствующее изменение энергии Гиббса ΔG .

Общие методы описания энергетики жизнедеятельности разрабатываются *биологической термодинамикой*.

2-й закон термодинамики связывает работу W в различных процессах жизнедеятельности с изменением энергии Гиббса ΔG в биохимических реакциях, инициирующих эти процессы $W \leq \Delta G$.

Для количественного прогнозирования различных воздействий на жизнедеятельность (в частности, химических веществ) используют кинетические уравнения, описывающие развитие биологических процессов во времени. Общие методы такого описания разрабатываются *биологической кинетикой*. Знание этих методов необходимо для проектирования биоадекватных технических устройств, воздействующих на биологические процессы в организме.

Биологическую кинетику определяют как науку о скоростях протекания биологических превращений и механизмах этих превращений.

Одним из основных понятий биологической кинетики является скорость химической реакции. Скорость химической реакции – мера быстроты протекания химических превращений.

Изучение различных реакций показывает, что скорость превращения может меняться в ходе реакции, т. е. скорость является функцией времени: $v=v(t)$.

В современной экспериментальной кинетике к числу наиболее широко применяемых *физических* методов относятся различные спектральные методы.

Как известно, повышенное содержание уратов в крови является одним из диагностических признаков подагры — тяжелого заболевания суставов. В раствор, содержащий пробу крови, добавляют фермент уриказу. Под действием этого фермента в присутствии кислорода воздуха мочевая кислота окисляется и соответственно со временем уменьшается максимум

оптической плотности в спектре поглощения. По скорости изменения максимума определяют содержание мочевины.

Функциональная зависимость $c(t)$ концентрации участвующих в реакции веществ от времени может быть получена в аналитическом виде. Соответствующая функциональная зависимость называется *уравнением кинетики* рассматриваемой реакции.

Например, из экспериментальных данных по изучению скорости оседания эритроцитов (СОЭ) следует, что агглютинация эритроцитов описывается уравнением кинетики второго порядка

$$c_3 = \frac{c_3^0}{1 + k_2 c_3^0 t}$$

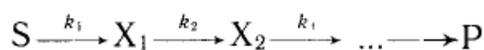
где c_3^0 — начальная концентрация эритроцитов, c_3 — концентрация эритроцитов в плазме в момент времени t ; k_2 — константа скорости оседания эритроцитов (СОЭ).

На основе данных по СОЭ рассчитывают константу $k_2 = 10^{-13}$ л/мин.

Кинетика сложных реакций

По кинетическому механизму все сложные химические реакции подразделяют на два больших класса: последовательные реакции и параллельные (конкурирующие) реакции.

Практически все процессы метаболизма являются последовательными реакциями. Последовательными называются сложные реакции, в которых продукт X_1 первой элементарной стадии вступает в реакцию второй стадии, продукт X_2 второй стадии вступает в третью и т. д., пока не образуется конечный продукт P

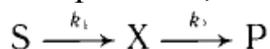


где k_1, k_2, \dots — константы скорости первой, второй и т. д. стадий; S — исходный реагент (субстрат).

Примером может служить метаболизм глюкозы.

Очевидно, что интермедиаты X_1, X_2, \dots стадий 1, 2, ... являются одновременно субстратами последующих стадий.

Простейшая последовательная реакция, состоит из двух стадий:



Кинетика этой реакции описывается системой трех дифференциальных уравнений, которые составляются на основе закона действующих масс.

$$\begin{aligned} dc_S/dt &= -k_1 c_S \\ dc_X/dt &= k_1 c_S - k_2 c_X \\ dc_P/dt &= k_2 c_X \end{aligned}$$

где c_S, c_X, c_P — концентрации веществ S, X, P соответственно.

Интегрирование этой системы уравнений дает решение в виде зависимости концентраций c_s , c_x , c_p от времени. (Графики этих зависимостей, т. е. кинетические кривые, изображены на рис. 3).

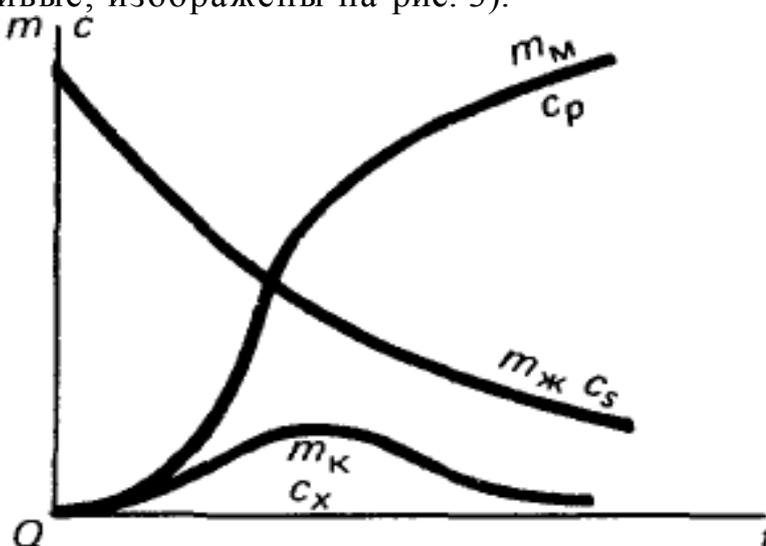


Рис. 3. Кинетические кривые субстрата (c_s), интермедиата (c_x) и продукта (c_p) в последовательной реакции $S \rightarrow X \rightarrow P$

Существенно, что решение системы трех дифференциальных уравнений кинетики двухстадийной реакции может служить математической моделью кинетики самых разнообразных биологических превращений.

В фармакокинетике, например, закономерностями подобного типа описывается кинетика прохождения лекарственного вещества через организм.

Обычный путь лекарственного вещества в организме можно рассматривать как последовательность двух процессов: всасывание из желудка в кровь (характеризуется константой всасывания k_B) и выведение (элиминация) из крови в мочу (характеризуется константой выведения k_e):

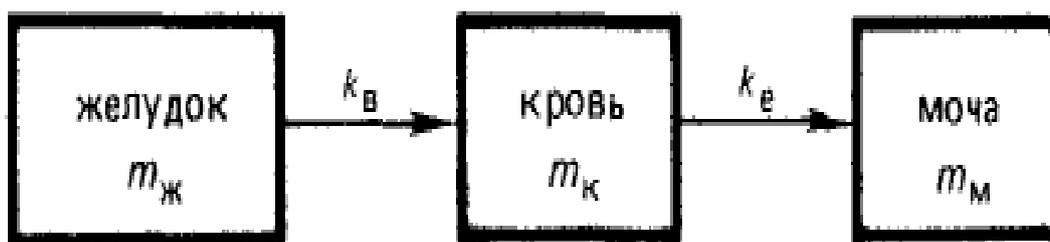


Рис. 4. Каскадная модель фармакокинетики

Кинетика изменения массы лекарства в желудке $m_{ж}$, крови $m_к$ и моче m_M (рис. 4) описывается системой трех дифференциальных уравнений. Эта система уравнений аналогична системе для двух рассмотренных выше последовательных реакций $S \rightarrow X \rightarrow P$. Соответственно уравнения кинетики и кинетические кривые для этих по существу разных процессов будут качественно сходны (рис. 3).

Большинство биохимических превращений в организме осуществляется в результате сопряжения с процессом метаболического окисления глюкозы.

Именно это имеют в виду, когда говорят, что глюкоза является источником энергии, обеспечивающим жизнедеятельность.

Нормальное температурное поведение скорости различных реакций определяется следующей зависимостью константы скорости от температуры (уравнение Аррениуса):

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}},$$

где параметры E_a – энергия активации реакции (Дж/моль), A – предэкспонента (размерность совпадает с размерностью константы скорости), $R = 8,13 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$. T – абсолютная температура К.

Кинетика ферментативных реакций

подавляющее большинство реакций, протекающих в живых организмах, осуществляется при участии биологических катализаторов, которые имеют общее название *ферменты*. Характерной особенностью ферментов является их специфичность.

Изучение температурной зависимости скорости превращения субстрата показывает, что ускоряющее действие катализаторов связано с существенным уменьшением энергии активации E_a соответствующего превращения.

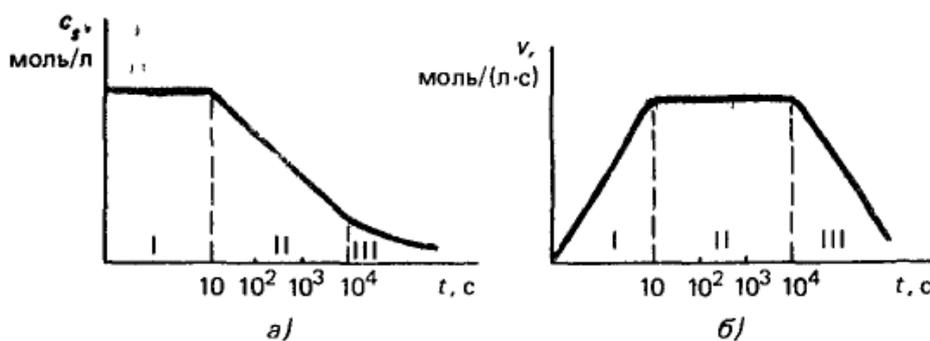


Рис. 5. Форма кинетической кривой), описывающей ферментативный катализ

Общая форма кинетической кривой (рис. 5), описывающей ферментативный катализ, имеет S-образный характер, типичный для реакций последовательного превращения.

Изучение кинетики показывает, что во всех ферментативных реакциях субстрат S образует с молекулой фермента E соединение ES , которое называется фермент-субстратным комплексом.

Таким образом, механизм ферментного катализа описывается 2-мя стадиями:



Л. Михаэлис и М. Ментен вывели формулу зависимости стационарной скорости ферментативной реакции $v_{ст}$ от концентрации субстрата:

$$v_{ст} = \frac{v_{max} c_s}{K_M + c_s},$$

где c_s – концентрация субстрата в начале участка II кинетической кривой (рис. 5, а), K_m и c_m – постоянные для данных фермента и субстрата величины.

Кинетическое описание роста клеточных популяций [2, 4]

Рост клеточных популяций, в соответствии со схемой клеточного развития, описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} dc_1/dt &= -p_1c_1 + f_b c_m + w_{li} \\ dc_m/dt &= pc_2 - b_1c_m - ac_1c_m \end{aligned}$$

где c_1 , c_m – плотность растущих и зрелых особей; a , b , p – кинетические коэффициенты автоингибирования, разветвления и роста популяционной цепи соответственно (в коэффициенты p и b включены постоянные количества субстратов M_1 и M_2); w_{li} – мощность внешнего источника клеток C_1 ; f – коэффициент размножения.

Эту модель называют *квазихимической*, поскольку в ней учитываются влияния химических агентов X_i . Наиболее важный результат в рамках экотоксикологической модели – вычисление предельной плотности популяции особей k_1 :

$$\begin{aligned} dc_1/dt &= \{p_x c_1(k_1 - c_1)/[(b_x/a)] + c_1\} + w_1 \\ &\text{при } w_1 = 0 \\ k_1 &= (f_{вр} - p_x b_x)/ap_x \end{aligned}$$

Общие принципы проектирования БМТС [2]

В настоящее время известны многие виды медицинской техники, приборов и аппаратов. В соответствии с классификацией *по целевым задачам* выделяют 4 основных класса БМТС: *диагностические, терапевтические, хирургические, искусственные органы и аппараты искусственного жизнеобеспечения*.

Проектирование БМТС всех классов разбивается на 5 этапов.

1. Определение целевого назначения и класса проектируемой БМТС. На данном этапе определяют класс и формулируется *цель* разработки и *целевая функция* БМТС.
2. Создание базы медико-биологических данных о свойствах БО. База данных создается на основе справочных материалов и, при необходимости, исследований биологического объекта. Для определения состояния БО используют описание *отдельных подсистем* БО.
3. Теоретический анализ БМТС, выбор вектора состояния и метода количественного описания БО. Создание вербальной, физической и математической моделей БМТС. На 3-м этапе рассматриваются лишь те свойства БО, которые необходимо регистрировать, исходя из целевого назначения данной БМТС. После минимизации числа компонент векто-

ра состояния практически используемое число m характеристик биообъекта существенно уменьшается: $m \ll n$.

4. Конструирование БМТС. Описание структуры и проектирование БМТС.
5. Регуляризация (проверка правильности) модели БМТС по экспериментальным данным.

На всех этапах проектирования БМТС необходимо применение моделей.

Разработка модели БМТС обычно начинается с вербальной (описательной) модели БО. После этого создаются физическая а затем математическая модель.

Регулярная («правильная») математическая модель позволяет исследовать те свойства биообъекта, которые по тем или иным причинам оказываются недоступными для непосредственных эмпирических методов.

Общая схема взаимодействия биообъект $B \leftrightarrow T$ техническое устройство

Многообразие процедур взаимодействия биологический объект (B) ↔ техническое устройство (T) и измерительных процедур, посредством которых получают объективную информацию о биообъекте, можно суммировать в *схеме взаимодействия $B \leftrightarrow T$ и преобразования вектора наблюдаемых свойств биообъекта* (рис. 6).



Рис. 6. Схема взаимодействия биообъект (B) ↔ техническое устройство (T)

Зондирующее устройство Z реализует *входное воздействие* на биообъект.

Откликом биообъекта B на входное воздействие зондирующего устройства Z является вектор $\lambda(t)$ *наблюдаемых* свойств биообъекта:

$$\lambda(t) = \begin{pmatrix} \lambda_1(t) \\ \lambda_2(t) \\ \dots \\ \lambda_m(t) \end{pmatrix}$$

Датчик-сенсор, отображаемый пространственным оператором D , осуществляет преобразование наблюдаемых свойств биообъекта $\lambda(t)$ в сигнал $x(t)$: $D[\lambda(t)] \rightarrow x(t)$, где $D[\lambda(t)]$ – оператор преобразования вектора $\lambda(t)$ в *выходной сигнал датчика $x(t)$* .

Вектор выходного $x(t)$ сигнала датчика, *отображающий* значения наблюдаемых свойств, поступает на вход блока обработки биологических сигналов (БОПС) P . БОПС осуществляет *обратное* преобразование вектора выходного сигнала датчика в вектор *измеряемых* свойств биообъекта $\lambda^*(t)$:

$$P[x(t)] \rightarrow \lambda^*(t)$$

Затем сигнал $\lambda^*(t)$ с преобразователя P поступает на регистрирующее устройство (монитор) M , на котором отображается диагноз. На основе диагноза осуществляется обратная связь – корректировка работы БМТС и рекомендуемый метод лечения.

Проектирование БМТС разных классов

Диагностические системы (ДС) по целевому назначению разделяются на следующие подклассы T_{21k} : ДС оптические, лучевые (рентгенография), акустические (УЗИ-аппараты), электрические (реокардиография – РКГ, электрокардиография – ЭКГ).

На сегодняшний день разработан целый ряд приборов, регистрирующих ЭКГ, обрабатывающих и фильтрующих этот сигнал.

Для иллюстрации отдельных этапов проектирования диагностических БМТС и взаимодействия $B \leftrightarrow T$ можно рассмотреть ЭКГ – систему диагностики мерцательной аритмии (БМТС ЭКГ-диагностики) (рис. 7).

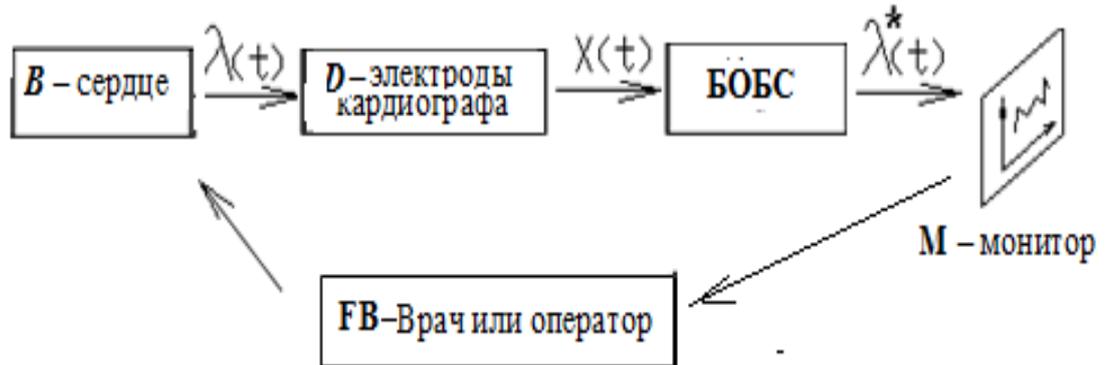


Рис. 7. Схема взаимодействия БМТС ЭКГ-диагностики с БО

B – БО сердце, $\lambda(t)$ – показатели аритмии пациента (вектор состояния БО), D – электроды кардиографа, $x(t)$ – электрические сигналы ЭКГ, БОБС – блок обработки биологических сигналов ЭКГ (регистрирует, фильтрует и анализирует полученные биологические сигналы), $\lambda^*(t)$ – измеренные показатели аритмии пациента, M – монитор, отображает показатели аритмии и диагноз, FB – обратная связь, врач или оператор, анализирующий полученные данные и дающий рекомендации по лечению.

Проводящая система сердца – комплекс анатомических образований (узлов, пучков и волокон), состоящих из атипичных мышечных волокон (проводящие волокна), которые регулируют работу разных отделов сердца и обеспечивают нормальную сердечную деятельность.

Известны аритмии: мерцательная (фибрилляция предсердий (ФП)), синусовая брадикардия, пароксизмальная желудочковая тахикардия.

ФП – разновидность наджелудочковой тахиаритмии с хаотической электрической активностью предсердий с частотой импульсов 350-700 в минуту. Это исключает координированное сокращение предсердий.

Тахикардия – увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС) от 90 ударов в минуту в покое. Тахикардия – симптом, поскольку может возникать как проявление многих заболеваний. Наиболее частыми причинами тахикардии служат нарушения вегетативной нервной системы, нарушения эндокринной системы, нарушения гемодинамики и различные формы аритмии.

Для диагностики ФП применяют стандартную ЭКГ в 12 отведениях. При этом обнаруживают следующие ЭКГ-признаки (рис. 8): 1. отсутствие зубцов Р, которые характеризуют электрическую активность при сокращении предсердий; 2. множественные волны фибрилляции f с разной амплитудой и формой; 3. разные RR-интервалы (комплексы QRS обычно не изменены).

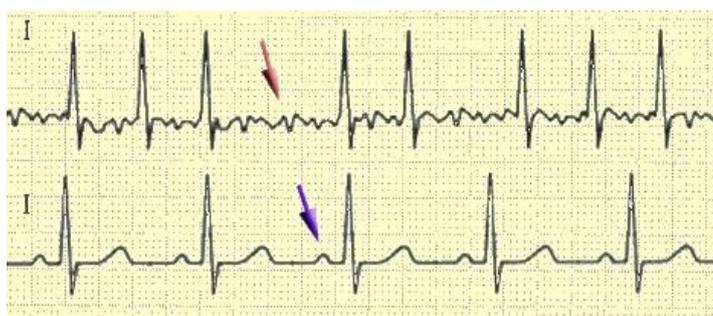


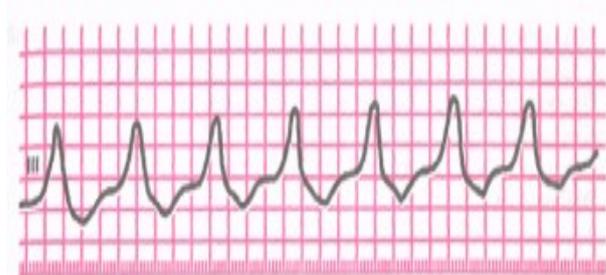
Рис. 8. ЭКГ при мерцательной аритмии (вверху) и в норме (внизу)

Синусовая брадикардия (СБ) обусловлена понижением автоматизма синусового узла. При этом ЧСС (пульс) уменьшается до 30-50 в минуту. СБ выявляется на ЭКГ (рис. 9 а). Данную аритмию отличают следующие ЭКГ-признаки: уменьшение ЧСС до 59-40 в мин; сохранение правильного синусового ритма; положительный зубец Р в отведениях I, II, aVF, V4-V6.

ЭКГ-признаки пароксизмальной желудочковой тахикардии (рис. 9 б). Внезапно начинающийся и так же внезапно заканчивающийся приступ подъема ЧСС до 140-220 ударов в минуту при сохранении в большинстве случаев правильного ритма. Деформация и расширение комплекса QRS более 0,12 с дискордантным расположением сегмента RS – Т и зубца Т.



а



б

Рис. 9. ЭКГ

а. при синусовой брадикардии (СБ)

б. при пароксизмальной желудочковой тахикардии

На основе количественного анализа ЭКГ определяют следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС), источник аритмии, функция проводимости сердца, положение электрической оси сердца во времени.

Эти показатели определяют совокупность параметров, характеризующих состояние биообъекта при мерцательной аритмии (рис. 10 а): F1 – частота сердечных сокращений, F2 – источник аритмии, F3 – функция проводимости сердца, F4 – положение электрической оси сердца во времени.

Т.о. вектор состояния определяется четырьмя компонентами

$$F = (F1, F2, F3, F4)^T$$

Радиальные диаграммы вектора состояния наглядно демонстрируют различные патологии (рис. 10 б).

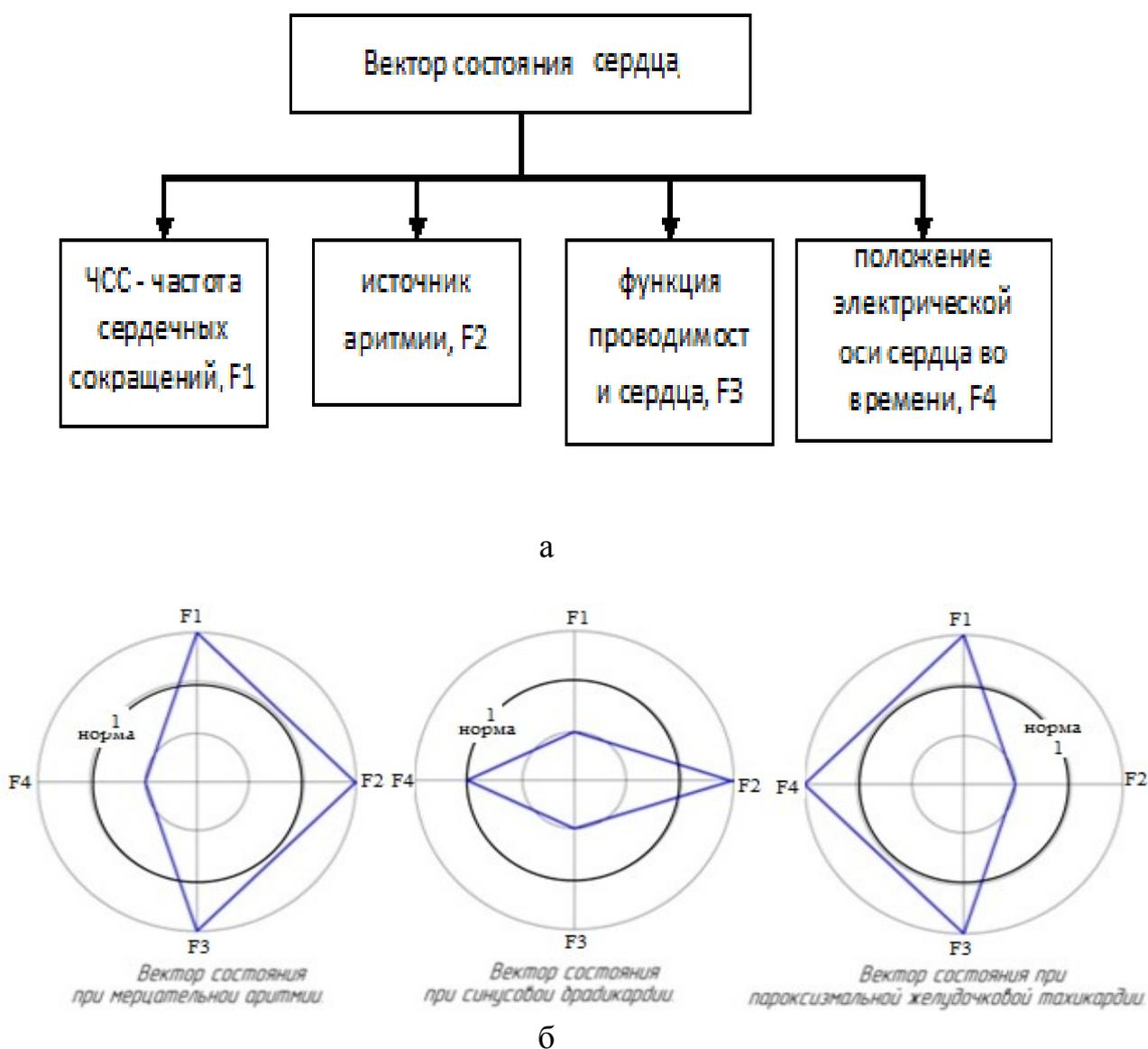


Рис. 10. Вектор состояния системы сердца

а. Компоненты вектора состояния

б. Радиальные диаграммы вектора состояния при разных патологиях

Физиотерапевтические системы (ФТС) по целевому назначению разделяются на следующие подклассы T_{21k} : ФТС эргатического типа, предназначенные для использования с человеком-оператором в качестве управляющего звена в полном объеме; ФТС направленного управления с частичным использованием человека-оператора в качестве управляющего звена; ФТС с полным управлением.

Целевое назначение проектируемой БМТС – проведение УВЧ-терапии различных частей тела пациента и одновременной дозиметрии поглощенной телом мощности с частичным использованием человека-оператора.

Инженерные проблем разработки БМТС

После того, как пройдены перечисленные выше этапы, переходят к решению инженерных проблем разработки БМТС – к этапу конструирования БМТС. К числу таких инженерных проблем разработки относятся:

- анализ существующих технических средств решения задачи, анализ технической базы данных и выбор прототипа;
- анализ недостатков существующих технических решений и разработка путей устранения этих недостатков;
- разработка блок-схемы БМТС;
- разработка узлов, блоков, процессов и их компоновка.

Для реализации системного подхода в случае проектирования ФТС необходимо выполнение двух основных принципов: принципа биоадекватности и принципа идентификации медико-биологической информации.

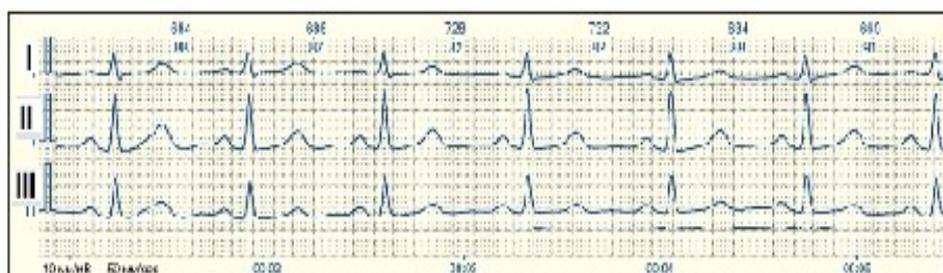
Биоадекватность – лечение с использованием электрических полей 27,12 МГц позволяет достичь необходимой глубины проникновения для получения оптимального терапевтического эффекта и характера поглощения энергии электрического поля в тканях тела пациента. В результате соблюдается основной принцип проектирования БТС разных классов – минимум вредных воздействий на биологический объект.

Проектирование хирургических БМТС. Лазерная хирургия проводящей системы сердца

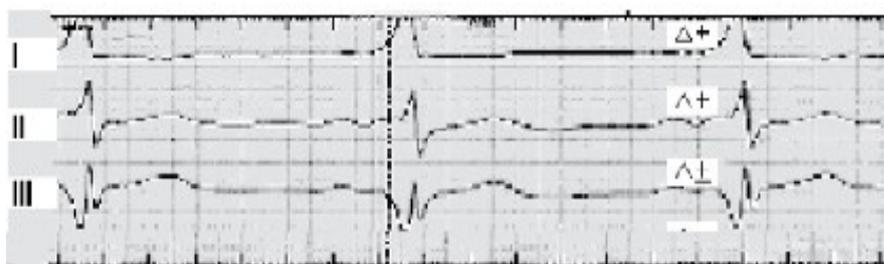
Синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта (ВПУ) – врожденная аномалия строения проводящей системы сердца. Распространенность синдрома ВПУ в общей популяции колеблется от 0,15 до 0,25%. Лечение синдрома ВПУ современными методами является актуальной клинической проблемой, а его полная клиническая элиминация – задачей ближайшего десятилетия.

Большинство гистологически идентифицированных дополнительных предсердно-желудочковых соединений (ДПЖС) – «тонкие нити» миокарда предсердий, которые соединяют предсердия и желудочки через атриовентрикулярную борозду в обход структур нормальной проводящей системы сердца.

Перед хирургической операцией на сердце проводят ЭКГ-диагностику. На рис. 11 приведены ЭКГ в норме и при манифестирующем СВПУ.



а.



б.

Рис. 11. ЭКГ а. норма, б. больной 19 лет с манифестирующим СВПУ

I, II, III – ЭКГ в разных отведениях измерительных электродов кардиографа.

При манифестирующем СВПУ имеет место правое среднесептальное дополнительное атриовентрикулярное соединение (ДАВС). Наличие Δ -волны, укороченный интервал P-R, комплекс QRS имеет сливной характер.

При лазерной хирургии ДПЖС под действием лазерного луча происходит коагуляция ДПЖС.

Для доступа в отделы сердца пациенту прокалывают бедренную либо подключичную вену и под рентгеноскопическим контролем вводят гибкие катетеры с электродами для записи электрических потенциалов непосредственно из сердечных камер, а также с возможностью лазерного воздействия в заданную область (канал обратной связи).

Для стойкого лечебного эффекта ткань после лазерного воздействия должна образовать электронеактивный рубец на месте ДПЖС, однородный, с четкими границами и минимальным поражением окружающих тканей. Не должна нарушаться целостность сердечной стенки (для избежания тромбов).

Эти требования обеспечивают путем управления размером зоны коагуляции. Особенно важно наличие электродов для непрерывного мониторинга внутрисердечных электрических потенциалов при операции. Взаимодействие лазерного излучения с кардиотканями рассчитывают на основе физической модели.

Распространение излучения рассматриваемого диапазона ($\lambda=1050-1100$ нм) в биологических тканях сердца в основном характеризуется двумя процессами: рассеянием и поглощением (свет преобразуется в тепловую флуоресценцию).

На основе физической модели формируют математическую модель теплового воздействия лазерного излучения на миокард. Математическая модель

распределения температуры в анизотропном теле описывается уравнением Фурье:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla k \nabla T = q$$

где c – удельная теплопроводность; ρ – плотность тела; T – температура в структуре; t – время; ∇ – оператор Набла; k – коэффициент теплопроводности; q – источник тепла.

Источником тепла является лазерное излучение. Источник тепла – поглощение лазерного луча телом описывается законом Бугера-Ламберта. При подстановке тепловых параметров миокарда и параметров лазера численно решают уравнение Фурье и получают температурные профили в тканях.

Список литературы

1. Кричевский Г.Е., *НБИКС-технологии для Мира и Войны / Саар-брюккен, Германия: Ламберт, 2017, 634 с.*
2. Ершов Ю.А., Щукин С. И. *БТС медицинского назначения. М. Юрайт 2017.*
3. Ершов Ю.А., Зайцева Н. И.. *Биохимия. М. Юрайт 2016.*
4. Ершов Ю.А., *Биохимия человека. М. Юрайт 2017.*

Библиографическая ссылка: Ершов Ю.А. Связь биотехнологий с областями биомедицинских технических систем // *НБИКС: Наука. Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 106-123*

Article reference: Ershov Yu.A. Relation of biotechnologies with areas of biomedical engineering systems // *NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 106-123*

УДК 629.7.022

Физика полёта и новые типы летательных устройств

Ордин С.В.
старший научный сотрудник
ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН
stas_ordin@mail.ru

Аннотация. Фрагментация современной науки привела к уродливому развитию техники, завуалированному лишь дизайном. При этом при конструировании самолётов и вертолётов, которое фактически свелось к вылизыванию морально устаревших моделей, даже не используются технические находки одного в другом и наоборот. Так время деревянных винтов для самолётов уже давно прошло, но конструктивно современные винты выполнены по нормативам, разработанным для деревянных. Что уж говорить о созданном американцами конвертоплане, в котором не вооружённым взглядом видно суммирование не плюсов, а минусов самолёта и вертолёта. Видео демонстрационного полёта звена этих уродцев, в которые вбухано 50 миллиардов долларов и десяток человеческих жизней на испытаниях, и подтолкнуло меня провести элементарный анализ физики полёта и показать, что есть режим, позволяющий суммировать не минусы, а плюсы самолёта и вертолёта.

Ключевые слова: принципы физики, практическая реализация, квазистатика, подъёмная сила, режим работы, винт, крыло.

UDC 629.7.022

Physics of flight and new types of flying devices

S.V. Ordin
senior research scientist
A.F. Ioffe FTI RAS
stas_ordin@mail.ru

Annotation. Fragmentation of modern science has led to the ugly development of technology, veiled only by design. At the same time when constructing aircraft and helicopters, which actually reduced to the licking of obsolete models, do not even use the technical finds of one in the other and vice versa. So time of wooden propellers for aircraft has long since passed, but constructively and modern screws are made according to regulations designed for wooden ones. What can we say about the convertoplan created by the Americans, in which not an armed glance can be seen summing up not the pluses, but the minuses of the airplane and the hel-

icopter. The video of the demonstration flight of the link of these freaks, into which \$ 50 billion dollars and a dozen of human lives were tied up in testing, prompted me to conduct an elementary analysis of the physics of the flight and show that there is a regime that allows you to sum up not the minuses, but the pluses of the helicopter's airplane.

Keywords: principles of physics, practical realization, quasistatic, lifting force, operating mode, screw, wing.

Физика полёта и новые типы летательных устройств

Введение

Юношеское восторженное восприятие авиационного салона в Ле-Бурже с годами стало все больше смещаться в сторону грустного впечатления от увиденного на нём. Вот и прошедший в 2017 году в Ле-Бурже салон, где Россия к тому же была представлена в основном деревянными макетами, вызвал просто угнетающее впечатление. Но дело не только в том, что с развалом СССР технический прогресс во всём мире потерял одного из основных лидеров и идёт, даже в области компьютеров, больше декларативно-демонстрационным, а не научным путём, ползёт в хвосте у обывательских идей-потребностей. А дело в том, что с годами пришло понимание того, что физика полёта в атмосфере остаётся практически на уровне Икара и Дедала и сейчас, в принципе, просто реализуются технические находки-изобретения конца позапрошлого века, найденные именно на базе дедалловского понимания. Даже форму быстрых самолётов просто приближают к форме первобытной стрелы. Просто, используются новые материалы и совершенствуется дизайн, а аэродинамические принципы канонизированы не по их научной сути, а по их практическому использованию в уже созданных устройствах, в их производствах, в том числе и в нашей Объединённой Авиационной Корпорации.

В практическом плане это выгодно – с нуля что-то проектировать всегда сложнее, особенно крупногабаритные машины. Но это тупик, запрет на отступление от традиционного пути. И этот запрет смели преодолевать лишь действительно отчаянные люди типа нашего Генерала Звёздных Войн Гнев Ивановича (Глеб Евгеньевич Лозино-Лозинский), который, наплевав на прямой запрет Политбюро отклоняться от найденных американцами решений, создал свой космический «башмак», который сами американцы вылизывают уже 30 лет. Вылизывают они замену острого носа тупым термостойким ударником, создающим плазменный «термостойкий нос», хотя по большому счёту, просто не смогли повторить до сих пор «башмак».

Но «запрет» не распространяется на фантазию создателей игрушек. И вот детская игрушка «летающая тарелка» летает, и если вращается и падает, когда её плохо закрутишь, наглядно демонстрирует «экспертам» нарушение их

«аэродинамических принципов». Хотя на самом деле она демонстрирует их невежество, непонимание того, что в современных созданных летательных аппаратах не учтён принцип относительности («учёные» эксперты, видимо, уверены, что он относится только громадным околосветовым скоростям, хотя даже на практике он используется при обдуве в аэродинамических трубах). Эта простая игрушка, при внимательном рассмотрении демонстрирует ещё и то, что используя принцип относительности движения крыла относительно воздуха и воздуха относительно крыла, мы получаем и более высокую, чем у современных летательных устройств, эффективность, которая просто полезная работа, делённая на потраченную энергию.

И вот один из способов преодоления преклонения перед всем американским рогозинских экспертов – это строго научные публикации в американских изданиях. Пусть американцы их сами либо пересказывают, либо пусть ФСБ ворует у американцев, в принципе, российские идеи. Другой способ преодоления этого, пронизанного бизнес-ржавчиной во всех узлах экспертного механизма – популярное описание идей на таком детском уровне, что любой дурак их выставит «курам на смех». И третий способ – описывать научно-технические идеи по-платоновски (Андрей Платонов), как он написал «Котлован». В третьем способе используется умышленная мешанина слов, как бы прячущая смысл, чтобы подвести читателя к пониманию смысла и чтобы он принял смысл за СВОЁ понимание, своё открытие. В талантливом исполнении третьего способа Платоновым это было столь эффективно, что эрзацкоммунизму пришлось даже запретить, в принципе, коммунистические книги Платонова.

Правда во всех этих трёх случаях теряется представленная российскому руководству (на уровне обращений), отгородившемуся карманными экспертами, фора. Но правителям-временщикам не привыкать терять время – уже 30 лет для России потеряли. Вот и продолжают, в принципе, по технической безграмотности блокировать принципиально новые, но непонятные им идеи. И всё это на фоне бизнес-вакханалии на чистых спекуляциях о достижениях инопланетян и тому подобное, которые и широко озвучиваются в средствах массовой информации, и под которые издаётся огромное количество книг. Но во всех этих «инопланетных» творениях нет элементарных, как теорема Пифагора, математических доказательств. А в представленной работе есть и доказательство того, что летающую тарелку несложно сделать и без всяких инопланетян, и показано, почему её не сделали – не оптимизировали ЭФФЕКТИВНОСТЬ, т.е. просто строили летательные аппараты так, как их делали до открытия Ломоносовым закона сохранения энергии, по-дедалловски.

Парашют

С точки зрения выделения энергии при спуске любого устройства с высоты на землю производится работа, равная его потенциальной энергии на исходной высоте. Но выделение произведённой этой работой энергии для парашюта будет примерно равномерно распределено по всей траектории спус-

ка, а для предмета без него произойдёт практически полное выделение этой энергии в точке приземления, что собственно и определяет катастрофу. Разница давлений под и над парашютом ΔP , умноженная на площадь горизонтального сечения парашюта S , определяет компенсирующую вес груза силу F , в простейшем случае, имеет следующий вид:

$$F = [(P + \frac{1}{2} \Delta P) - (P - \frac{1}{2} \Delta P)] \cdot S = \Delta P \cdot S$$

Упрощение в виде $\pm \frac{1}{2} \Delta P$, может быть заменено на $k \cdot \Delta P$ и $(1-k) \cdot \Delta P$, но это не принципиально для данного, элементарного рассмотрения.

Из закона сохранения энергии следует, что работа, которую совершает парашют при спуске A , равна этой силе F , умноженной на высоту спуска H и в неё переходит в идеале, при очень медленном спуске, практически вся потенциальная энергия спускаемого тела на исходной высоте H : $U = m \cdot g \cdot H$, где m – масса тела, а g – ускорение свободного падения.

$$A = F \cdot H = U$$

Таким образом, компенсирующая силу тяжести сила F совершает работу (в основном по нагреву воздуха) на всём пути действия силы тяжести $m \cdot g$.

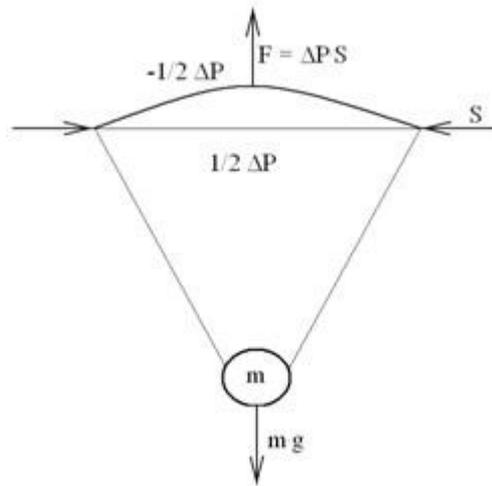


Рис.1. Распределение сил в схеме парашюта

Это элементарное рассмотрение сделано с целью подчеркнуть принципиальный момент: чтобы быть в подвешенном состоянии на парашюте (практически, бесконечно медленно спускаться) нам не требуется затрачивать никакой энергии ($A = F \cdot 0 = 0$), так же как не требуется совершать работу при удерживании груза, подвешенного на гвоздь, вбитый в стену. Т.е. реализуется режим квазистатики. Тогда как для подержания современных винтокрылых машин в воздухе требуется совершение работы. Причём гораздо большей работы, чем для поддержания самолёта в воздухе, у которого, как будет показано ниже, также реализуется режим квазистатики (что и определяет го-

раздо меньший расход самолётом топлива на транспортировку эквивалентного груза и большую дальность полёта, чем у вертолёт(ов)).

Крыло

Чтобы понять, в чём причина больших потерь энергии винтокрылых машин, проведём элементарный анализ работы крыла и насколько эффективно оно у вертолёт(а) «крутится». То, что это вертолётное «крыло» как парашют практически совсем не работает, очевидно. И очевидно – почему. Потому, что его S в неподвижном состоянии составляет малую долю круга, описываемого вращающимся винтом. Но то, что оно и при вращении работает не совсем как крыло (хотя и называют винтокрылыми), и обеспечивает реализацию режима «источника тока», а не квазистатического «источника напряжения», как у обычного крыла. Современная же оптимизация вертолёт(ов) в режиме «источника тока» имеет низкий максимально достижимый КПД, в принципе.

Так вот, для крыла, помимо описанной выше парашютной «подъёмной силы», возникает добавочная подъёмная сила, определяемая той же площадью S и скоростью движения крыла относительно воздуха или воздуха относительно крыла, что, в принципе эквивалентно. Для дельтаплана эта добавка маленькая, для планера – побольше, а на больших скоростях, для самолёт(ов) она является не просто существенной, а определяющей. Вот и рассмотрим энергетику простейшего плоского крыла с этой добавочной силой. Элементарная оптимизация крыла является базовой моделью, без правильного построения и расчёта которой дальнейшая тонкая оптимизация даст лишь уменьшающиеся по порядку малости поправки. А как видно будет из представленного анализа, режим работы в рамках элементарной модели для вертолёт(ов) выбран специфический и малоэффективный, что и даёт высокое потребление ими энергии/горючего. Отталкиваясь от этого низкоэффективного режима, ранее и были сконструированы кургузые, не менее энергоёмкие и ненадёжные комбинированные летательные аппараты.

Добавочная подъёмная сила крыла F_1 направлена так же как у парашюта – вверх, но возникает вследствие его аэродинамического сопротивления при смещении не вертикально, а горизонтально. Крыло имеет угол атаки α к скорости горизонтального воздушного потока V и поэтому возникающая на нём разница давлений ΔP пропорциональна аэродинамическому сопротивлению проекции площади крыла на вертикальную плоскость $S \sin(\alpha)$. Как следствие при не очень больших скоростях для перепада давления на крыле можно записать следующее выражение связи:

$$\Delta P \cdot S = V \cdot \rho \cdot S \sin(\alpha)$$

где ρ - коэффициент аэродинамического сопротивления, который тоже зависит от угла атаки α : $\rho = \rho_0 \cos(\alpha)$.

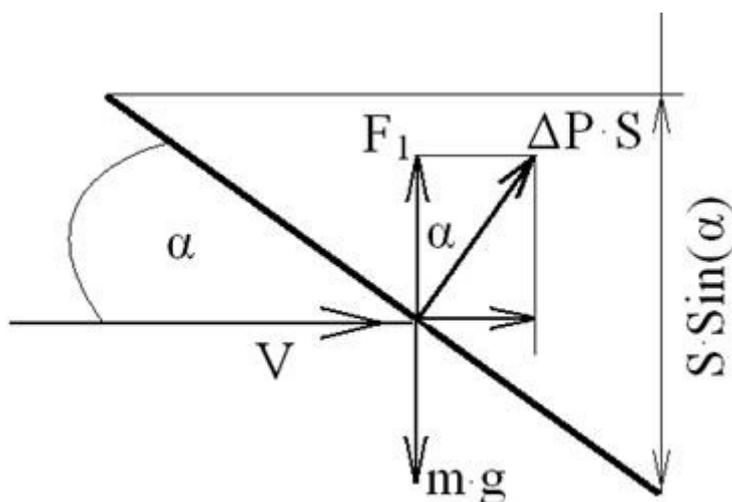


Рис.2. Распределение сил в крыле.

Так что выражение для перепада давления можно переписать в следующем виде:

$$\Delta P \cdot S = V \cdot \rho_0 \cdot S \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)$$

При этом подъёмная (вертикальная компонента силы давления) сила F_1 , которая должна быть равна переносимому весу $m \cdot g$, имеет следующее выражение:

$$F_1 = V \cdot \rho_0 \cdot S \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos^2(\alpha) = K_1 \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos^2(\alpha)$$

График полученной угловой зависимости представлен на рис.3

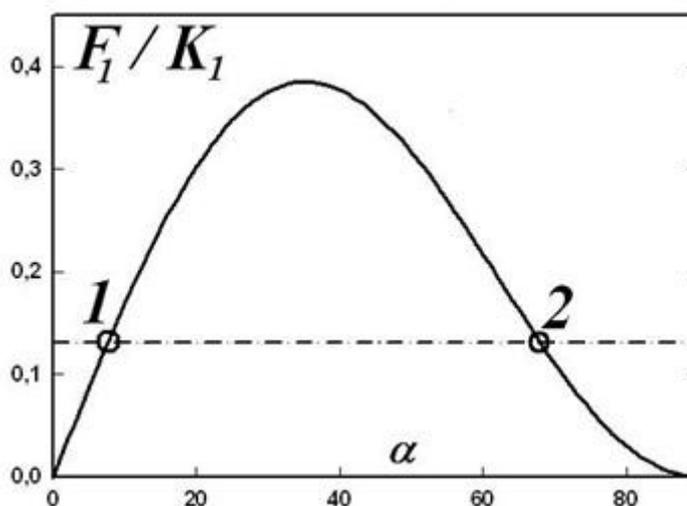


Рис.3. Зависимость относительной величины подъёмной силы крыла от угла атаки.

Из рис. 3 видно, что максимум подъёмной силы крыла мы получим при угле атаки примерно 40 градусов, но если мы не желаем улететь в космос, то подъёмная сила должна быть примерно равна силе тяжести, что соответству-

ет двум углам атаки – двум, как показано на рис.3, точкам пересечения угловой зависимости F_1/K_1 с горизонтальной линией. При этом, так как минимуму аэродинамического сопротивления крыла и, тем самым, минимуму потребления энергии соответствует малый угол атаки, то для крыла самолёта используется точка пересечения 1 при угле атаки меньше 40 градусов. Так как подъёмная сила крыла зависит от скорости, то угол атаки выбирается такой, чтобы вес самолёта равнялся подъёмной силе на крейсерской скорости, а на взлёте самолёт задирает нос вверх для увеличения подъёмной силы за счёт тяги двигателей. На крейсерской же скорости крыло в точке 1 работает в режиме, который по аналогии с электротехникой можно назвать режимом источника напряжения: максимальная подъёмная сила при минимальном потоке воздуха вдоль направления этой силы. Тем самым, на крейсерской скорости реализуется режим минимальной затраты энергии. В системе координат самолёта реализуется практически беззатратный квазистатический режим работы крыла – без совершения работы в вертикальном направлении – все практически затраты энергии в горизонтальном направлении, а малый угол атаки крыла обеспечивает и горизонтальные потери минимальные.

Винт

Для вертолётов, которые назвали винтокрылыми машинами, дальше названия «винтокрылый» со времён Сикорского не пошли. Если бы он не погнался за длинным долларом, то в России, возможно, он и создал бы то, что хотел – реальный винтокрыл, но, возможно, как и создатель транзистора Лосев, умер бы здесь с голода непризнанным.

Так вот. Винт, в принципе, работает как быстро двигающееся крыло, но в режиме большого аэродинамического сопротивления – трения о воздух с захватом воздуха, а не скольжения по воздуху. Этот режим соответствует большим углам атаки и рабочему режиму точке пересечения 2 на рис.3. При этом малая площадь лопастей винта несколько уменьшает его аэродинамическое сопротивление вращению, но и существенно уменьшает «парашютную» статическую подъёмную силу – добавочную силу F_1 . Винт в рабочей точке 2 по аналогии с электротехникой работает в режиме источника тока: обеспечивает большой поток воздуха при малом перепаде давления на плоскости вращения винта. Т.е. для висения в воздухе производится работа по перемещению большой массы воздуха со скоростью V для создания подъёмной силы F_1 . А это ни что иное, как затрата мощности N на поддержании просто в подвешенном состоянии аппарата с весом, эквивалентным F_1 :

$$N = F_1 \cdot V$$

Отсюда, естественно, и следуют большие потери энергии при использовании такого винта для создания подъёмной силы. Мы как бы малым давлением толстой струи постоянно текущей воды поднимаем предмет, тогда как это можно сделать, просто зажав пальцем отверстие и получив мощную тонкую

струйку. В отличие от лёгкого скольжения по воздуху мы используем в современном вертолёте винт как движитель у кораблей на подводных крыльях – только для выхода на режим скольжения, при том совсем не используя винт как несущий элемент движения аппарата в режиме скольжения. А винт вертолёта можно использовать не только в качестве движителя, создающего подъёмную силу, но и задействовать его в режиме перехода полета воздушного аппарата в режим скольжения. Но вместо того, чтобы скользить по воздуху, мы используем вертолёты, чтобы просто грести и не утонуть в воздушном океане.

Винтокрыло

Ничто, в принципе, нам не мешает заставить крыло тереться о воздух с большой скоростью даже без его горизонтального перемещения, т.е. сделать винт, работающий в режиме точки 1 (рис.3). Если этот винт разместить внутри крыла, то он может создать эффективную (потребляющую мало энергии, квазистатическую) подъёмную силу как у стоящего на месте самолёта, так и при его полёте. Причём при полёте аэродинамическое сопротивление горизонтальному перемещению крыла со встроенным винтом будет не больше, чем у обычного крыла, а с учётом дополнительной его подъёмной силы, крыло можно сделать ещё и меньшего размера. Но при этом лопасти эффективно сделать такими, чтобы их проекция на плоскость вращения равнялась площади круга. При не очень больших (не сверхзвуковых) скоростях горизонтального перемещения такая эффективно создаваемая и не дающая большого потока воздуха подъёмная сила может быть использована не только в вертолётах, но и в самолётах с укороченными крыльями, например по схеме, приведённой на рис. 4.

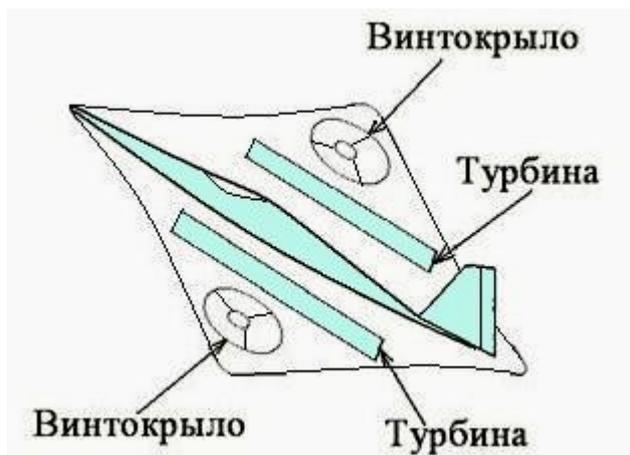


Рис.4. Схема турбореактивного самолёта с винтокрыльями.

Самолёт с винтокрыльями может иметь даже лучшую аэродинамику, чем с «распростёртыми крыльями (мы «скрутили их в трубочку» без нарушения их плоскостности и функциональности), что позволит либо понизить мощность

основных двигателей, либо увеличить скорость и дальность полёта при сохранении мощности. Но главное, он способен садиться и взлетать практически на нулевой горизонтальной скорости, так что ему не страшен «последний дюйм» и он вообще не требует специальной взлётной полосы и скученных терминалов – может сесть хоть на льдину, хоть на городскую площадь, хоть на обычный корабль (рис.5).



Рис.5. Как F-35 превратить в палубный истребитель с вертикальным взлётом.



Рис.6. Схема замены у «Белого Лебедя» (Ту-160) громоздкого поворотного крыла на компактное винтокрыло с регулируемым до 0 градусов на сверхзвуковой скорости углом атаки его лопастей.

Преимущества Ту-160 с винтокрыльями помимо большей манёвренности, скорости и дальности ещё и меньшая (почти в 2 раза) отражающая повер-

ность. И всё это при том, что ему не требуется специальная взлётно-посадочная полоса. Ему нестрашна ни укороченная взлётная полоса в Адлере-Сочи, ни пьяный снегоуборщик на взлётной полосе в Москве. Испытания винтокрыльев можно начинать даже с выключенными турбинами, а посадить самолёт можно даже при их отказе – было бы лишь электропитание на винтокрыльях.

Кроме того, винтокрылы просто необходимы для реализации концепции летающих автомобилей, особенно электромобилей. При этом, в принципе, и подвеска становится фактически не нужна – её можно заменить шасси. А так как воздушное трение гораздо меньше потребляет энергии, чем механическое, то и экономичность «винтокрылых» авто/электромобилей можно увеличить. Принципиальная схема такого летающего авто показана на ри.7.

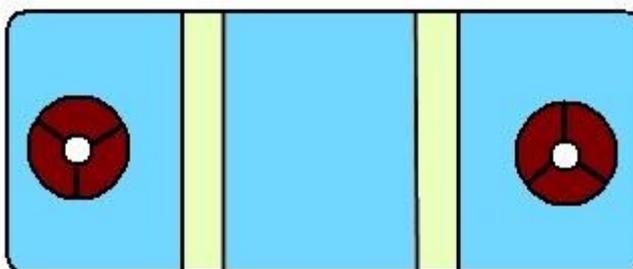


Рис.7. Схема автомобиля с винтокрыльями (вид сверху).



Рис.8. Летающий Феррари.

Особенно эффективными представляются крупногабаритные винтокрылые автомобили, которые фактически могут сделать ненужными ни железнодорожный транспорт, ни ледокольный флот. Да и суда на подводных крыльях, и на винтокрылах над водой, и на винтокрылах в воде, будут быстрее и стабильнее, т.к. скорость движения винтокрыла много выше и турбулентностей в

воздухе, и колебаний воды. Наверное, лишь танки на винтокрылах делать нельзя, т.к. у них задача обратная – максимально цепляться за Землю.

Особые требования к винтокрылу

Хотя во многом винтокрыл выглядит надёжнее и даже легче реализуемым, чем винт вертолёт, но некоторые повышенные требования при его конструировании надо учесть. С одной стороны это очевидный переход по частоте вращения от вертолётных низкочастотных тархтелок к скоростям вращения тяговых винтов самолётов и выше. С учётом того, что площадь его лопастей большая – равна площади окна – требуется высокая прочность при высокой точности исполнения. Эти требования не сверхъестественные. Скажем, в турбомолекулярных насосах подобные требования давно научились выполнять. Да и в обычных вертолётах по частям – тоже: балансировку французского турбомолекулярного насоса, которую сами французские наладчики на месте не смогли выполнить, на расположенном по соседству вертолётном заводе сделали настолько прецизионной, что она была выше паспортной. Но в комплексе технологические требования к винтокрылу ближе к турбомолекулярным насосам. И удовлетворить этим требованиям поможет скользящая опора крайней точки лопастей – на внешнем радиусе, которой нет ни у вертолётного, ни у тягового винта.

Вращать винтокрыл конечно удобнее электродвигателями и сделать лучше соосно пару вращающихся в противоположных направлениях: один в верхней плоскости крыла, а другой соосный в нижней плоскости крыла. На электродвигателях в крыле это гораздо проще сделать, чем у «Чёрной акулы». В общем, винтокрыл – прецизионная «игрушка», но вполне выполнимая.

Библиографическая ссылка: Ордин С.В. Физика полёта и новые типы летательных устройств // НБИКС: Наука. Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 124-134

Article reference: Ordin S.V. Physics of flight and new types of flying devices // NBICS: Science. Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 124-134

УДК 72.021.2

НБИКС и информационное 3-D моделирование как технологические платформы архитектурно-строительного комплекса: настоящее и будущее

Шахраманьян М.А.

*Московский педагогический государственный университет,
Московский институт открытого образования
7283763@mail.ru*

Аннотация. Статья посвящена концептуальным вопросам использования технологий НБИКС-конвергенции и информационного 3-D моделирования в такой социально важной сфере, как архитектура и строительство. Подробно описаны возможности нано, био, инфо, когно и социо технологий и информационного 3-D моделирования в решении приоритетных задач, стоящих перед архитектурно-строительным комплексом. К числу таких задач относятся: увеличение прочности и срока службы строительных конструкций, снижение эксплуатационных затрат, создание комфортных условий для обитателей жилища, снижение негативных нагрузок на природную среду, уменьшение сроков и стоимости строительства. Анализ возможностей применения в архитектурно-строительном комплексе технологий НБИКС-конвергенции и информационного 3-D моделирования свидетельствует об огромном потенциале этих технологий (с точки зрения формирования новой парадигмы существования человечества в создаваемой им техносфере в гармонии с природой).

Ключевые слова. НБИКС, бионика, информационное 3-D моделирование, архитектурно-строительный комплекс.

UDC 72.021.2

NBICS and Information 3-D Modeling as Technological Platforms of the Architectural and Construction Complex: Present and Future

Shahramanyan M.A.

*Moscow Pedagogical State University, Moscow Institute of Open Education
7283763@mail.ru*

Annotation. The article is devoted to the conceptual issues of using the technologies of NBICS convergence and information 3-D modeling in such a socially important sphere as architecture and construction. The possibilities of nano, bio, info, kogno and social technologies and information 3-D modeling in solving priority problems facing the architectural and construction complex are described in detail. Among these priorities are: increasing the strength and service life of building structures, reducing operating costs, creating comfortable conditions for dwellers,

reducing negative loads on the natural environment, reducing the time and cost of construction. The analysis of the possibilities of application of the convergence and information 3-D modeling technologies in the architectural and construction complex of the technologies testifies to the enormous potential of these technologies (from the point of view of forming a new paradigm for the existence of mankind in the technosphere created in harmony with nature).

Keywords. NBICS, bionics, information 3-D modeling, architectural and construction complex.

НБИКС и информационное 3-D моделирование как технологические платформы архитектурно-строительного комплекса: настоящее и будущее

В настоящее время в мире определились несколько векторов развития научно-технического прогресса, которые смогут коренным образом повлиять практически на все стороны жизни современной цивилизации. В предлагаемой читателям статье мы рассмотрим лишь два технологических направления развития научно-технического прогресса: НБИКС (нано, био, инфо, когно, социо) и 3-D моделирование применительно к такой социально важной сфере как архитектура и строительство.

При рассмотрении проблемы НБИКС одним из важнейших вопросов является вопрос взаимного проникновения (конвергенции) нано, био, инфо, когно технологий, погруженных в социум.

Очень важно ответить на следующие вопросы: **для чего, собственно говоря, необходимо заниматься проблемой НБИКС, что это дает человечеству? Почему важно обратить внимание на тот синергетический эффект, который возникает от взаимного проникновения различных компонент НБИКС?** Без ответа на эти и другие вопросы невозможно с высокой степенью эффективности заниматься научными и прикладными проблемами в данной области знаний. В настоящее время с достаточной степенью очевидности ясно, что НБИКС нацелено, прежде всего, на решение проблемы создания искусственного интеллекта и развития индустрии робототехники. Например, нано, био, инфо, когно технологии используются при создании искусственного глаза в НИЦ «Курчатовский институт».

«Нано и биотехнологии создают тело, а инфо и когно одушевляют его», – говорит директор НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчук. По-видимому, в ближайшем будущем НБИКС конвергенция будет прежде всего направлена на решении проблемы создания искусственного интеллекта и создания поколения роботов различных классов, предназначенных для решения многих задач в интересах человека. Между тем, есть и другие направления человеческой деятельности, где НБИКС-конвергенция в сочетании с 3-D мо-

делированием может оказаться очень полезной, в частности, это относится к такой сфере человеческой деятельности как архитектура и строительство. Настоящая статья как раз и посвящена данному вопросу. Попробуем на концептуальном уровне наглядно это продемонстрировать.

Начнем с описания возможностей нано, био, инфо, когно и социо технологий и 3-D моделирования в решении приоритетных задач, стоящих перед архитектурно-строительным комплексом. К числу таких задач относятся: увеличение прочности и срока службы строительных конструкций, снижение эксплуатационных затрат, создание комфортных условий для обитателей жилища, снижение негативных нагрузок на природную среду, уменьшение сроков и стоимости строительства и др. Как этого добиться?

Для ответа на данный вопрос необходимо четко понимать, что использование традиционного подхода к решению перечисленных выше задач уже не является достаточным, и необходимо искать новые пути, в частности, использовать достижения нано, био, инфо, когно и социо технологий и технологий 3-D моделирования для поднятия архитектурно-строительного комплекса на качественно новый уровень.

Итак, последовательно рассмотрим возможности НБИКС применительно к задачам архитектурно-строительного комплекса.

Нано

Под нанотехнологиями в сфере строительства понимается использование нанодобавок и нанопримесей, иными словами использование объектов нанотехнологии в виде специально сконструированных наночастиц – частиц наномасштаба с линейным размером менее 1 мкм. Эти нанодобавки специально разрабатываются в дополнение к уже известным и широко применяемым в строительных технологиях веществам. Нанодобавки радикально меняют свойства материала, повышают производительность, улучшают прочность и другие свойства.

Примерами применения нанотехнологий в строительной сфере являются:

- высокопрочный бетон. Создание долговечного и высокопрочного бетона является одним из самых актуальных разработок последнего времени. Согласно исследованиям, такой бетон может прослужить до 500 лет. Для создания высокопрочного бетона применяются ультрадисперсные, наноразмерные частицы. Такие свойства наноматериалов предполагают использование высокопрочного бетона в строительстве небоскребов, большепролетных мостов и многое другое.
- высокопрочная сталь. Благодаря проводимым исследованиям в области наномодификаций металлов и их сплавов можно получить высокопрочную сталь, которая не имеет аналогов по параметрам прочности и вязкости. Такие материалы желательны в применении для строительства различных гидротехнических и дорожных объектов. На стальных конструкциях можно создать полимерные и композит-

ные нанопокрyтия: они в десятки раз повышают стойкость стали к коррозии и в несколько раз увеличивают срок службы металла, даже если ожидается работа в агрессивных средах.

Как видно из вышеперечисленного, нанотехнологии при строительстве зданий и сооружений, позволяют существенно повысить прочность и долговечность строительных конструкций.

Био

Современные здания и сооружения в своем абсолютном большинстве основаны на идеях хай-тека: кубизм и конструктивизм и по этой причине мало гармонируют с природным ландшафтом.

Между тем, в настоящее время в архитектуре достаточно бурно стало развиваться направление «био-тек». Этот стиль настолько современный, что пока определился только на уровне манифестов и существует в виде отдельных объектов, которые, повторяя естественные, природные формы и конструкции, стремятся к органичности с природой.

Био-тек как архитектурный стиль развился из прикладной науки бионики, сторонники которой для решения сложных технических задач ищут ответы в природе. Такими же принципами пользовался еще Леонардо да Винчи: он наблюдал за птицами, когда воплощал идею летательного аппарата с машущими крыльями (орнитоптера).

Архитектурно-строительная бионика (одно из направлений бионики) изучает законы формирования и структурообразования живых тканей, а также проводит анализ конструктивных систем живых организмов по принципу экономии энергии, материала и обеспечения надежности.

Яркий пример архитектурно-строительной бионики – совершенная аналогия современных высотных сооружений и строения стеблей злаковых, которые способны выдерживать большие нагрузки под тяжестью соцветия. Если ветер пригибает их к земле, они быстро восстанавливают вертикальное положение.

Самые известные архитекторы, создавшие проекты зданий в стиле био-тек Сантьяго Калатрава, Кен Янг, Грег Линн, Фрай Отто, Майкл Соркин, Ян Каплицкий, Николас Гримшоу и Норманн Фостер. Чаще всего они создают общественные здания, такие как Город искусств и наук в Валенсии, Национальный космический центр Великобритании, Лондонский «Огурец», Художественный музей Милуоки. Проблема воплощения бионических идей в жилых домах пока в том, что прямое копирование природных форм невозможно, так как в архитектурном сооружении формируются нефункциональные зоны. Стремление сочетать эстетику и экономичность ставят перед ведущими архитекторами этого стиля множество вопросов, часть из которых решается буквально в процессе строительства.

Здания в стиле био-тек часто несимметричны, имеют форму коконов, деревьев, паучьей сети – всего того, что встречается в живой природе. Можно

встретить постройки, повторяющие контуры яйца или проекты домов, похожие на раковины моллюсков (рис.1)



Рис.1. Оперный театр в Сиднее

Достаточно много ярких примеров применения бионики в архитектурно-строительном комплексе приведено в замечательной кни-ге профессора Германа Кричевского «Бионика. Учимся мудрости у природы».

Бионическая архитектура в своем дальнейшем развитии стремится к созданию экодомов – энергоэффективных и комфортных зданий с независимыми системами жизнеобеспечения. Конструкция такого дома предусматривает комплекс инженерного оборудования. В зданиях устанавливают солнечные батареи, коллекторы для сбора дождевой воды, устраивают террасы с зелеными насаждениями, устанавливается естественное освещение и вентиляция. В идеале, дом будущего – это автономная самообеспечивающаяся система, органично вписывающаяся в природный ландшафт и существующая в гармонии с природой.

В настоящее время во всем мире активно развивается процесс внедрения биокомпонентов в строительные конструкции. Это, прежде всего, относится к процессу озеленения крыш. Озелененные крыши поглощают дождевую воду (снимая таким образом нагрузку с канализационных систем, не давая относительно чистой дождевой воде смешаться со сточными водами, обеспечивают защиту от городского шума и от холода, а также защищают здания от перегрева в жару (что, помимо естественного повышения комфорта, значительно снижает затраты на кондиционирование в несколько раз продлевает жизнь самих крыш, спасая их от погодных воздействий). Кроме того, «зеленые крыши» служат украшением городов и средой обитания городской фауны.



Рис. 2. Традиционные дерновые крыши на Фарерских островах



Рис. 3. «Зеленая крыша» здания муниципалитета в Чикаго, Иллинойс

Особенно хорошо от перегрева защищают крыши, на которых разбита система теплиц, забирающая лишнее тепло. Исследования показывают, что в летнее время большая концентрация зеленых крыш способна существенно понизить среднюю температуру целого города.

Как видно из вышеизложенного, бионика и биологическая компонента начинают играть значительную роль в архитектуре и строительстве, при этом как и в случае с нанотехнологиями достигается увеличение срока службы здания, уменьшение нагрева строительных конструкций и снижение эксплуатационных затрат

Инфо

Использование информационных технологий в архитектурно-строительном комплексе наиболее тесно, прежде всего, связано с таким понятием

как «Умный дом». Новейшие технологии «Умного дома» поражают своим разнообразием, постепенно становится все доступнее для обывателей. Известные компании постоянно совершенствуют устройства, позволяющие соединить уже имеющиеся и новые гаджеты в единую сеть.

Вот только несколько осуществленных задумок, применяемых по всему миру с использованием информационных технологий:

- Видеослежение за домом внутри и окружающей его обстановкой снаружи. Изображение с камер можно просмотреть из любой точки мира, такая функция пригодится любителям путешествий.
- Датчики освещения, включающие и выключающие свет в зависимости от перемещений жителей дома. Существует возможность задавать персональный режим в зависимости от того, какой именно член семьи в настоящий момент находится в комнате.
- Дверные замки, которые могут реагировать на приближение устройства, излучающего сигнал (смартфона).

Все это широко применяемые в России технологии. Но есть и совершенно новые приспособления, разработанные на более высоком уровне, хотя применение и их более узкое.

Так холодильник, анализирующий набор продуктов, находящихся в нем, отправит заказ в интернет-магазин, чтобы пополнить запасы и рассчитает, какое блюдо можно приготовить на основе того, что уже имеется.

Стиральные и посудомоечные машины, связанные с Интернетом, отсылают сообщения после окончания цикла работы.

Статистика показывает, что дома, оснащенные датчиками слежения, значительно меньше подвержены ограблениям. Если вы уезжаете надолго, помимо таких электронных «наблюдателей», можно установить устройство, сдвигающее и раздвигающее жалюзи в обычном для вас режиме, как будто хозяева все еще дома.

Помимо облегчения быденных обязанностей, технологии умного дома служат обеспечению безопасности его жителей. В случае пожара специализированная система не только вовремя засечет возникновение огня, но и вызовет пожарную команду, подсветит путь и разблокирует необходимые двери.

Когда в квартире есть дети, слежение за количеством проведенного за компьютером и телевизором времени часто становится необходимостью. И с этой функцией могут успешно справиться технологии умного дома.

Еще один важный бонус – экономия денежных средств, затрачиваемых на электроэнергию. Выключение освещения, когда в помещении никого нет, регуляция температуры воды и другие программы, направленные на сокращение затрат, очень эффективны.

Как видно из вышеизложенного, современные информационные технологии, внедренные в систему эксплуатации зданий и сооружений, позволяют решать целый комплекс разнообразных задач от экономии денежных средств до обеспечения безопасности.

Когно

Из всей совокупности НБИКС-технологий когнитивные технологии в настоящее время наименее разработаны в технологическом плане с точки зрения их практического применения, но во всем мире, исследования в этом направлении ведутся очень активно и не за горами то время, когда применение когнитивных технологий примет массовый характер в жизнедеятельности человека.

Применительно к рассматриваемый в статье сфере деятельности человека, связанной с архитектурой и строительством, нас более всего будет интересовать когнитивные технологии, связанные с анализом эмоций человека по результатам обработки обычного изображения с веб-камеры. Это не фантастика, а уже реальность.

«Мы применили эту систему к лицу Моны Лизы, – рассказывает профессор Борис Величковский, директор Института когнитивных исследований, – и поняли, в чем странность выражения ее лица: на 83 % она счастлива, но на 8 % испытывает отвращение, а на 6 % – страх. Причем Леонардо закодировал эти эмоции в разных частях изображения. Если вы оглядываете ее лицо бегло и не смотрите в область рта, то увидите только положительные эмоции, а если внимательно посмотрите в область рта, то ничего положительного там не увидите. Так называемая «улыбка» Моны Лизы – явное выражение отрицательных эмоций»

Возникает интересная задача – осуществить анализ психофизического состояния человека, находящегося в здании по выражению его лица, анализа речи и прочего, и на основе полученных данных оказать на него такое воздействие, чтобы улучшить уровень его психофизического состояния. Это важно, например, когда человек после тяжелого трудового дня пришел уставший домой, а сенсорные датчики умного дома, анализируя его внешний вид, речь, движения и другое включают системы психофизической коррекции состояния человека. Это можно достичь, например, за счет специально подбора музыкальной и цветовой гаммы. Эффект воздействия звука определенных частот, музыкальных композиций и различных цветов на мозговую деятельность, настроение и психофизическое состояние хорошо известен

Важно, чтобы весь процесс психофизической коррекции человека был автоматизирован и стал естественной частью интерьера помещения.

Проведенный анализ возможностей нано, био, инфо и когно технологий показывает, что все эти технологии направлены на решение главной задачи – повышение благосостояния человека. Если критическая масса умных домов в каком-то городе превысит определенный уровень и будет реализована умная логистика и коммуникации, то можно говорить об умном городе, об умной стране и так далее с постоянным нарастанием в аббревиатуре «НБИКС» компоненты «социо».

В эпоху индустриальной экономики рост производства характеризуется наращиванием физических размеров предприятия – увеличением количества оборудования, его мощности, расширением штата сотрудников и т.д. Рост

был бы невозможен без значительных финансовых затрат, на которые были способны только старые игроки или новички, обладающие большими ресурсами [1].

В настоящее время мир вступает в эпоху постиндустриальной цифровой экономики, которая кардинально изменяет ситуацию [1]

- Основным ресурсом становится информация, и этот источник от использования не иссякает;
- Торговые площадки в Интернете не ограничены;
- Компании не нужно быть большой, чтоб успешно конкурировать;
- Один и тот же физический ресурс может быть использован бесконечное количество раз для предоставления различных услуг;
- Масштаб операционной деятельности ограничен только размерами Интернета;
- Клиент становится «божеством».

Идеологию возникшего в последнем десятилетии XX века понятия цифровой/электронной экономики как никто лучше обозначил в 1995 году Николас Негропonte – американский ученый-информатик. Он представил ее в форме перехода от движения атомов к движениям битов.

Самой необходимой частью для человека является та искусственная среда, которую он сам и создает – дом, квартира, офис и то, что называется недвижимостью. Цена и производство недвижимости – это не просто слова, а реальная и большая экономика. Есть еще один важный аспект цифровой экономики, связанный с понятием «умный город».

Приведем пример с Великобританией, которая к моменту реального старта тематики умных городов уже достигла больших положительных результатов в реализации программы информационного 3-D моделирования зданий и сооружений (BuildingInformationModelling – BIM) для строительной индустрии страны и, собственно на базе этих результатов и было принято решение о переходе к программе цифровой экономики, в которой города занимают огромную часть. Собственно говоря, формальный старт перехода Великобритании к цифровой экономике зафиксирован решением правительства в феврале 2015 года. В этом документе определено, что развитие цифровой экономики будет строиться на базе организационно-технических и экономических результатов этапа информационного 3-D моделирования. Это обусловлено следующими обстоятельствами:

Во-первых, BIM технологии позволяют включить в оборот огромный массив объективных данных о физических и иных измерениях зданий, сооружений и объектах инфраструктуры страны.

Во-вторых, так как практически очень многие «умные» решения не могут быть реализованы без физических преобразований, т.е. проектов и строительства, то появились регламенты уже производные от BIM.

В настоящее время, как известно, в Российской Федерации сложилась непростая экономическая ситуация. Стало очевидным, что модель развития экономики, основанная только на нефтегазовом комплексе, себя исчерпала, и

необходимо искать новые точки стабилизации и роста экономики страны. Такой точкой роста в России может стать строительный комплекс, который, как никакая другая отрасль экономики, создает большое количество рабочих мест в различных секторах экономики: металлургия, деревообрабатывающая промышленность, лакокрасочное производство, электротехническая промышленность и др. Но, кроме этого, в результате строительства получается очень востребованный товар массового потребления – жилье. Это принципиальное отличие строительной отрасли от других, например, ракетно-космической, которая тоже может создавать много рабочих мест в различных отраслях экономики, но не может выпустить востребованный в массовом порядке конечный товар.

На практике эти принципиальные преимущества строительной отрасли не реализуются в полной степени. Причин тут несколько. Одна из основных – это долгострой. Другая причина – широкое поле для развития коррупционных схем, связанных с существенным завышением реальной стоимости строительства со всеми вытекающими последствиями.

Как известно, строительство осуществляется на основе кредитования в банках. Затягивание строительства приводит к невозврату вовремя взятого в банке кредита, штрафным санкциям, банкротству строительных компаний и в итоге граждане не получают жилье.

То есть, известная экономическая формула: *деньги* (кредит) – *товар* (жилье) – *деньги* (выручка от продажи жилья) – *товар* (жилье) и так далее перестает работать. Деньги в виде налогов от продажи жилья перестают в достаточном объеме поступать в бюджет страны и это способствует развитию кризисных явлений.

Одной из наиболее острых проблем в строительных комплексах большинства стран мира является проблема снижения стоимости и сроков строительства. Данная проблема характерна и для Российской Федерации.

Выходом из этой ситуации может стать внедрение в строительный комплекс России инновационных технологий, основанных на информационном 3-D моделировании зданий и сооружений [2].

ВМ-технологии позволяют во многом изменить существующую в настоящее время практику проектирования зданий и сооружений и надзора в сфере строительства.

Проектная документация готовится группой проектировщиков в виде двумерных плоских чертежей, причем, отдельно разрабатываются объемно-планировочные решения, отдельно проектируются инженерные системы, отдельно формируется сметная документация. В итоге получается большое количество различных томов документации, слабо связанных между собой и самое главное по этим документам практически невозможно осуществить объективный контроль всего объема и стоимости запроектированных работ.

В процессе проектирования и строительства часто возникает необходимость внесения изменений в проектную документацию, что неизбежно приводит к удорожанию работ и затягиванию сроков строительства.

Эти проблемы в настоящее время решаются в мире путем внедрения в практику строительства технологий информационного моделирования зданий, которые позволяют на совершенно качественно новом уровне подойти к вопросу повышения эффективности использования финансовых, материальных и временных ресурсов на всем жизненном цикле создаваемого объекта капитального строительства (проектирование-строительство-эксплуатация) и к существенному сокращению сроков строительства.

В проектировании здания или сооружения участвуют большое количество специалистов различного профиля (рис.4)



Рис.4. Профили специалистов, занятых в проектировании объекта

Попросту говоря, BIM технологии – это интегрированная платформа, позволяющая архитектору проектировать в 3-D и передавать результат инженерам и прочим специалистам, продолжающим выполнять проектную работу в 3-D формате. BIM-технологии позволяют интегрировать все разделы на одной платформе и обеспечивать взаимодействие исполнителей разделов между собой.

Важно отметить, что BIM технологии реализуются на основе облачных платформ, обеспечивая удаленный доступ к информационной модели и возможности вносить изменения для любого числа участников.

Преимущества:

- Выявление противоречий в работе профильных специалистов;
- Взаимодействие внутри проекта исполнителей разделов;
- Прямая связь между трехмерными моделями и двумерными планами;
- Визуализация и рендеринг;

- Работа с одной моделью (в облаке) всех участников процесса проектирования и строительства (Заказчик, Проектировщик, Застройщик, Пользователь, Надзор);
- Обеспечение возможности объективного контроля за процессом проектирования и строительства объектов капитального строительства в режиме времени близкому к реальному.

Информационное моделирование не предполагает отказа от выпуска 2D-чертежей. Другое дело, что сами чертежи – будь то поэтажные планы, фасады или разрезы – являются производными от точной модели зданий и сооружений. Они генерируются на основе 3D-модели в автоматическом режиме, когда модель в достаточной степени проработана. Параллельно, отдельно от модели, чертежи не разрабатываются. В результате они получают скоординированными, а изменения, вносимые в модель, автоматически отражаются на всех видах, чем и гарантируется высокое качество проектов [3]. Вышесказанное иллюстрирует рис.5, на котором представлен фрагмент модели – план этажа как проекция.

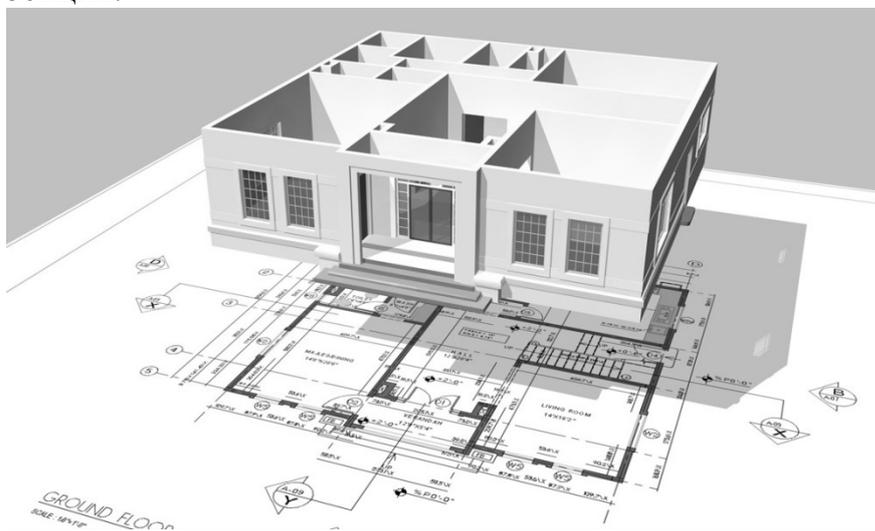


Рис.5. Фрагмент модели – план этажа как проекция

Важным преимуществом BIM-технологии является то, что она позволяет осуществлять дистанционное проектирование разработчиками, которые находятся на значительных расстояниях друг от друга. Это позволяет сделать BIM-технологии неценимым инструментом для организации международной кооперации разработчиков при проектировании уникальных и технически сложных объектов капитального строительства. Применительно к строительству эффект от внедрения BIM-технологии достигается прежде всего за счет:

- автоматизации построения и кардинального повышения достоверности проекта организации строительства (ПОС) и конкретизирующих/дополняющих его проектов производства работ (ППР), включая календарные планы, сетевые графики производства работ, графики поступления на строительную площадку материалов и конструкций. На 3D-модели объекта можно вирту-

ально реализовать и проверить работоспособность любого варианта ПОС или ППР;

- мониторинга процесса строительства объекта, контроля за выполнением технологических требований и полноты выполнения скрытых работ (возможно использование мобильных компьютерных систем);

- отслеживания выполнения сетевого графика и принятие оперативных решений по его корректировке;

- управления стоимостью строительно-монтажных работ и материалов, которая позволяет выполнить оптимизацию затрат на строительство объекта.

Важно также отметить и тот факт, что внедрение технологии информационного моделирования зданий и сооружений в строительный комплекс позволит сделать процессы ценообразования и обоснования стоимости строительных работ максимально прозрачными и тем самым позволит существенно ограничить применение коррупционных схем в строительстве [4].

Информационное моделирование зданий позволяет получать вместо большого объема эксплуатационной документации на бумажном носителе, крайне неудобной в практическом использовании, особенно в случае возникновения чрезвычайной ситуации в условиях острого дефицита времени на принятие эффективных управленческих решений, практически идеальную систему поиска и обнаружения необходимой информации.

По данным зарубежных источников экономия времени при выполнении проектной документации на строительный объект в среднем составляет 20-50%, при внесении изменений в проект она намного больше. К сожалению, пока технология BIM в нашей стране внедрены не настолько широко и массово, чтобы говорить о достоверной статистике, но опыт проектных фирм, использующих BIM и вышедших на устойчивую работу, эти цифры подтверждает. Известны специализированные российские фирмы, у которых экономия времени, по их собственным данным, составляет порядка 90% [5]!

Как показывает опыт внедрения BIM-технологии в зарубежных странах, данные технологии позволяют снизить затраты на строительство, не менее чем на 25%, уменьшить время строительства (не менее, чем на 40%), обеспечить прозрачность и контроль процесса строительства, безопасность эксплуатации построенного здания за счет получения детальной эксплуатационной документации в виде трехмерной информационной модели.

Промышленно развитые страны США и Великобритания в качестве первоочередного шага по стимулированию внедрения BIM технологий установили обязательное применение указанных технологий при проектировании и строительстве объектов за счет средств государственного бюджета. Подобные требования введены в США с 2003 года, а в Великобритании с 2013 года. Данные шаги обеспечили уровень внедрения BIM технологий в США около 70 % от всех реализуемых в 2012 году проектов (данные компании McGraw-HillConstruction), в Великобритании – около 15 %.

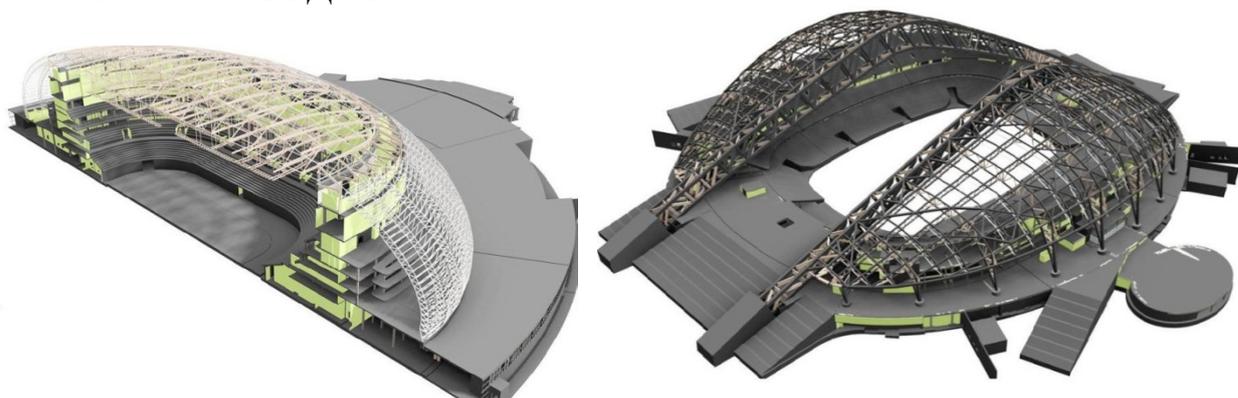
BIM-технологии позволяют сформировать единый информационный ресурс об объекте капитального строительства, что обеспечивает значительно

более эффективное управление проектом, по сравнению с традиционными подходами. При этом происходит кардинальное повышение прозрачности оценки эффективности и целевого использования бюджетных средств. Следует ожидать подобный эффект от использования BIM технологий при проектировании, строительстве объектов финансируемых частными инвесторами.

В настоящее время в 17 ведущих странах действует стандарт IFC, определяющий требования по обмену данными при использовании BIM технологий. В Великобритании разработан аналогичный национальный стандарт, устанавливающий требования к BIM технологиям, а также перечень мероприятий, необходимых для перехода всех строительных госзаказов на указанные технологии. Необходимо отметить, что в настоящее время созданы хорошие предпосылки для внедрения технологий информационного моделирования зданий и сооружений в строительный комплекс России.

Так, 4 марта 2014 года состоялось заседание Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России об инновационном развитии в сфере строительства по целому комплексу вопросов, в том числе и по вопросу внедрения технологии информационного моделирования зданий и сооружений в практику строительного комплекса. По результатам этого заседания даны конкретные поручения министерствам и ведомствам. Во исполнение решения Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России об инновационном развитии в сфере строительства от 4 марта 2014 года Минстрой выпустил приказ от 29.12.2014 № 926/пр. «Об утверждении плана поэтапного внедрения технологии информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства».

В Российской Федерации сформирован пул компаний, которые активно внедряют технологии информационного моделирования объектов капитального строительства различного назначения: жилые здания, школы, поликлиники, спортивные сооружения и др. В качестве примера приведем некоторые примеры информационных моделей таких сложных инженерных объектов, как олимпийские объекты «Сочи-2014». На рис. 6 представлены фрагменты информационных моделей олимпийских стадионов Сочи-2014, разработанные компанией СОДИС ЛАБ.



Таким образом, проведенный концептуальный анализ возможностей применения НБИКС технологий и 3-D моделирования в архитектурно-строительном комплексе свидетельствует об огромном потенциале этих технологий с точки зрения их влияния на жизнедеятельность человека и формирования новой парадигмы существования человечества в создаваемой им техно-сфере в гармонии с природой.

Список литературы

1. Добрынин А.П., Черных К.Ю., Куприяновский В.П., Куприяновский П.В., Синягов С.А. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, SmartCity, BIG DATA) *International Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 1, 2016
2. Шахраманьян М.А., Осипов А.В., Король М.Г. О плане мероприятий («дорожной карте») внедрения технологий информационного моделирования зданий и сооружений как ключевых технологий цифрового строительства. *Отраслевой журнал «Строительство». Электронное ежемесячное издание. №12, 2016, стр.70-73]*
3. Король М.Г. BIM: информационное моделирование – цифровой век строительной отрасли // *Стройметалл № 39 2014. С 26-30.*
4. Шахраманьян М.А., Бурдаков Н.И., Шахраманьян А.М. Информационное моделирование зданий и сооружений как инновационный инструмент обеспечения государственного, общественного контроля и противодействия коррупции в строительстве // *Вестник Московского антикоррупционного комитета. 2014. №1(4)*
5. Талапов В.В. *Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.2015. ДМК Пресс. 409 с.*

Библиографическая ссылка: Шахраманьян М.А. НБИКС и информационное 3-D моделирование как технологические платформы архитектурно-строительного комплекса: настоящее и будущее // *НБИКС: Наука. Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 135-149*

Article reference: Shahramanyan M.A. NBICS and Information 3-D Modeling as Technological Platforms of the Architectural and Construction Complex: Present and Future // *NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 135-149*

УДК 681.2.084

Метрология и НБИКС – что это? И зачем все это России?

Быков В.А.

*доктор технических наук, профессор,
президент Нанотехнологического общества России,
почетный президент группы компаний НТ-МДТ Spectrum Instruments
vbykov@ntmdt-si.ru*

Аннотация: изложено представление о НБИКС-технологиях, возможности современной зондовой микроскопии и высокоразрешающей спектроскопии. Изложены основные этапы развития сканирующей зондовой микроскопии и спектроскопии нанометрового пространственного разрешения. Приводятся новые конструкции, контроллеры, режимы работы приборов, которые радикально расширяют их аналитические опции; показаны новые разработки микромеханических систем для СЗМ и тенденции их развития.

Ключевые слова: НБИКС, нанотехнология, метрология, информационные технологии, когнитивные технологии, социальные технологии, сканирующий туннельный микроскоп, СТМ, сканирующий атомно-силовой микроскоп, АСМ, сканирующий зондовый микроскоп, СЗМ, Рамановская спектроскопия, Рамановская микроскопия сверхвысокого разрешения, ближнеполевая оптическая микроскопия, безапертурная сканирующая зондовая микроскопия ближнего поля, кантилевер, картридж, нанотехнология, метрология, нанометрология.

UDC 621.2.084

Metrology and NBICS – what is it? And why all this Russia?

Bykov V. A.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
President of the Nanotechnological Society of Russia,
Honorary President of Group of Companies NT-MDT Spectrum Instruments
vbykov@ntmdt-si.ru*

Abstract: The presentation of the NBICS technologies, the possibilities of modern probe microscopy and high-resolution spectroscopy are presented. The main stages of the development of scanning probe microscopy and nanoscale spatial resolution spectroscopy are described. New designs, controllers, modes of operation of devices are presented, which radically expand their analytical options; new de-

velopments of micromechanical systems for SPM and trends of their development are shown.

Keywords: NBICS, nanotechnology, metrology, information technology, cognitive technologies, social technologies, scanning tunnel microscope, STM, scanning atomic force microscope, AFM, scanning probe microscope, SPM, Raman spectroscopy, Raman microscopy of ultrahigh resolution, near-field optical microscopy, Near-field scanning probe microscopy, cantilever, cartridge, nanotechnology, metrology, nanometrology.

Метрология и НБИКС – что это?

И зачем все это России?

Без метрологии технологий не бывает, никаких. Даже в искусстве есть рейтинги, конкурсы, победители, а, следовательно, пусть на уровне чувственного, но измерительный базис существует. По части НБИКС – что это за сокращение? Расшифровка всего этого простая – НАНО, БИО, ИНФОРМАЦИОННЫЕ, КОГНИТИВНЫЕ и СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ технологии. А что по сути? Есть ли это в России сейчас и как оно развито? И каковы перспективы?

Нанотехнологии – технологии, для работы в которых нужно уметь контролировать и воспроизводить процессы с точностью лучшей, чем 100 нм. Это, в первую очередь, современная микроэлектроника, которая сегодня работает с конструктивно-технологическими ограничениями размеров элементов порядка 14 нм, а в разработках – до 3 нм. Это в мире (фабрики на Тайване (TSMC), в США, Южной Корее – SAMSUNG, Европе – AMD. У российских компаний (МИКРОН, АНГСТРЕМ, ИСТОК, НИИСИ РАН) в разработках – 65 нм, в серии – 180 нм. Ориентация на радиационно-стойкую электронную компонентную базу (ЭКБ) дает возможность стоять в локальном минимуме – 500-250 нм, но не позволяет продвинуться в направлении «адаптивная логика», которая является ключом к когнитивным технологиям.

Наноэлектроника, технологии наноэлектроники базируются на объемном научно-технологическом базисе, позволяющим с атомарной точностью строить гигантские массивы тождественных элементов, коммутирующих между собой. Технологии включают в себя нанолитографию, электронную литографию, иммерсионную фотолитографию глубокого ультрафиолета, безмасковую MEMS фотолитографию, молекулярно-пучковую эпитаксию, атомно-слоевое осаждение, планаризацию пучками нейтральных ускоренных молекулярных кластеров и целый ряд классических микроэлектронных технологий, адаптированных под требования наноэлектроники. Кроме того, предъявляются исключительно высокие требования к используемым расходным материалам: газам, воде, водным растворам, резистам. На сегодняшний день технологии наноэлектроники задействовали большую часть таблицы Менделеева.

Новые материалы, их разработка и производство в настоящее время не мыслимы без арсенала нанотехнологий. К таким технологиям традиционно относят синтез новых углеродных материалов (нанотрубок, графенов, фуллеренов), методы диспергирования с получением мелкодисперсных материалов, методы синтеза наночастиц (золото, серебро, медь и т.п.), технологии модификации материалов с введением в их состав наночастиц, методы получения различных аэрозолей, текстиля, конструкционных материалов.

Очень часто все это выдается за нанотехнологии без утруждения себя даже методами контроля как модификаторов, так и конечных продуктов. Следуя этим путем можно и весь органический, элементоорганический, неорганический синтез записать в нанотехнологии! Ведь при этом получают молекулярные материалы, а всякая молекула имеет размер, по крайней мере в одном из измерений, менее 100 нм! Причем это даже с большим основанием можно делать – синтетики, как правило, тщательно анализируют свои результаты с использованием очень мощной аналитической техники. Очевидно, что такое отнесение пахнет бредом.

Нанотехнологии базируются на мощном фундаменте физической и коллоидной химии, кристаллографии, квантовой химии, методах молекулярного моделирования и отличаются именно уровнем осознания мира. В этом главное. Именно эта черта отличает нанотехнологии от поварского искусства. А для такого глубинного осознания требуется создание специальной технологической аппаратуры, метрологической базы.

Биотехнологии, например, не различают изотопов, а наличие изотопического замещения, например, Si^{28} на Si^{29} , может существенно повлиять на магнитные свойства конечного элемента в случае, если количество атомов в нем невелико.

В этом смысле нанотехнологии должны быть по уровню даже выше биотехнологий, где различием в изотопном составе, как правило, пренебрегается. Уже сейчас в России производятся эффективные лекарственные препараты, например, ФОСФОГЛИФ (разработка института НИИ биологической и медицинской химии АМН СССР, академик Арчаков А.И.), ВЕТОРОН – продукт самосборки и молекулярного капсулирования бета-каротина (разработка Российской корпорации МДТ) – эти продукты уже много лет занимают достойное место в Аптеках России и стран СНГ.

Биотехнологии – технологии, использующие синтетические возможности живого (бактерий, грибов, многоклеточных организмов) для получения требуемых продуктов – лекарственных препаратов, вин, спиртов и пр. По большому счету, биотехнологии также требуют мощной аналитики, чтобы сделать процессы максимально эффективными.

Информационные технологии – это естественная среда, в которой «живут» современные технологии. Любые технологии не могут жить без их детального описания. Искусству художника учатся, но стать художником может лишь человек, обладающий характерным для него видением мира и способностью перенести это видение на холст, заморозить им других. Наскаль-

ной росписи ни к чему книги, а только с появлением последних стала возможной передача знаний через поколения, зарождение и развитие технических цивилизаций.

Развитие микроэлектроники породило компьютеры, а следом и интернет, соединивший людей на новом надгосударственном уровне, сделало мир открытым. Мир стал принципиально другим и изменяется все сильнее и сильнее. Онлайн переводчики, которые того и гляди перейдут в реальную жизнь в самое близкое время сделают мир интернациональным. Мозг машин делается все более гибким, делающим доступным сложное метрологическое и технологическое оборудование широкому кругу пользователей, обеспечивают еще более мощное развитие технологий.

Люди до сих пор не знают, как работает их мозг, только единицы понимают, как работает мозг машин, но все это абсолютно не мешает общению и использованию этих «мозгов» – развитию **КОГНИТИВНЫХ** технологий.

Все это резко изменило **социальные** технологии – технологии воздействия на массы людей, технологии воспитания, обучения, управления народами и государствами. Мир стал именно другим. Лидером может стать любой, и не надо для этого кучи денег. Яндекс, ГУГЛ, РАМБЛЕР – кто знал ребят, сделавших эти компании. Да и Билл Гейтс, Стив Джобс – не имеют отношения к Рокфеллерам, Ротшильдам, английской королевской семье. Через социальные сети завязываются сообщества, которые могут играть любую роль. Роль государств все еще важна, но эта важность не растет. Как все это будет развиваться дальше, какую роль будут играть системы искусственного интеллекта – большие вопросы. То, что гигантскую – это по определению, и то, что направлений влияния много – это тоже ясно. Именно глубокое понимание мощной взаимосвязи всего комплекса проблем и родило НБИКС, сделало, казалось бы, корявый не связанный клубок проблем единым комплексом, заставило думать над его развитием.

О Сканирующей Зондовой Микроскопии (СЗМ)

Появившись практически вместе микроэлектроникой в конце 60-х – начале 80-х годов прошлого века с работ групп Рассела Янга (Институт стандартов США), группы Генриха Ропера (IBM, Цюрих, Швейцария), СЗМ получила мощное развитие в 1990-х – 2000-х годах. Развитие элементной базы микроэлектроники, наноэлектроники, информационных технологий позволило создать приборы комплексного анализа физических свойств поверхности в различных условиях окружающей среды: от сверхвысокого вакуума до жидкостей в интервале температур от сверхнизких до нескольких сотен градусов Цельсия. Современные зондовые микроскопы позволяют осуществлять комплексный анализ поверхностных структур с нанометровым пространственным разрешением в режимах:

- ❖ Туннельной микроскопии и спектроскопии;
- ❖ Атомно-силовой микроскопии, способной визуализировать:

- Профиль поверхностных структур и его зависимость от давления прижима;
- Неоднородность силы трения в системе зонд – поверхность;
- Неоднородность адгезионных сил;
- Распределение поверхностного потенциала (Кельвин-мода);
- Распределение электрической емкости в системе кантилевер-поверхность;
- Распределение теплопроводности;
- Распределение модуля Юнга;
- Распределение магнитных сил;
- Распределение пьезоэлектрических характеристик поверхностных структур;
- Распределение оптических свойств поверхности с разрешением, значительно превышающим дифракционные ограничения (ближнепольная оптическая микроскопия);

Кроме того, возможно и:

- Диагностировать пределы упругой деформации;
- Провести модификацию поверхности в различных режимах:
 - ✓ Электрохимического окисления поверхности;
 - ✓ Пластической деформации;
 - ✓ Электрохимической модификации поверхностных функциональных групп;
 - ✓ Трансляции атомов молекул и кластеров с созданием требуемых структур.

Появилась возможность и комбинировать сканирующие зондовые микроскопы со спектрометрами, интерферометрами, сложной оптикой с возможностью отображения спектроскопии комбинационного рассеяния (Рамановской), люминесцентной спектроскопии, безапертурной сканирующей ИК спектроскопии с пространственным разрешением, определяемой параметрами зонда (порядка 10 нм).

Для раскрытия методов сканирующей зондовой микроскопии/спектроскопии создаются различные варианты приборов. Основным производителем этой техники в России является компания NT-MDT Spectrum Instruments, продолжатель работ группы компаний MDT (1989-1993), NT-MDT (1993-2016).

Деятельность Российской группы началась с 1989 года с разработки сканирующего туннельного микроскопа (STM-10-MDT). В 1995 году был создан первый сканирующий атомно-силовой микроскоп (Solver-P4), в 1997 году – многомодовые сканирующие зондовые микроскопы (Solver-P47, Solver-P47H), в 1998 году – сверхвысоковакуумный атомно-силовой микроскоп.

ИНТЕГРА-СПЕКТРА – комбайны атомно-силовой микроскопии и спектроскопии

С 1999 года группой НТ-МДТ начал развиваться проект по разработке комбинированной системы спектрального анализа и СЗМ. В 2006 году ИНТЕГРА-СПЕКТРА – прибор, комбинирующий методы сканирующей зондовой микроскопии, Рамановской, в том числе гигантского Рамановского рассеяния [5], инициированного «стеканием» с иглы СЗМ оптических плазмонов (TERS) и люминесцентной спектроскопии, вошел в число сотни лучших инновационных разработок по версии журнала Research&Development (R&D-100). К настоящему времени разработана улучшенная конфигурация этого прибора, в том числе, с использованием контроллера с расширенной версией сканирующей атомно-силовой спектроскопии (Hybrid (HD) Mode, рис.1).

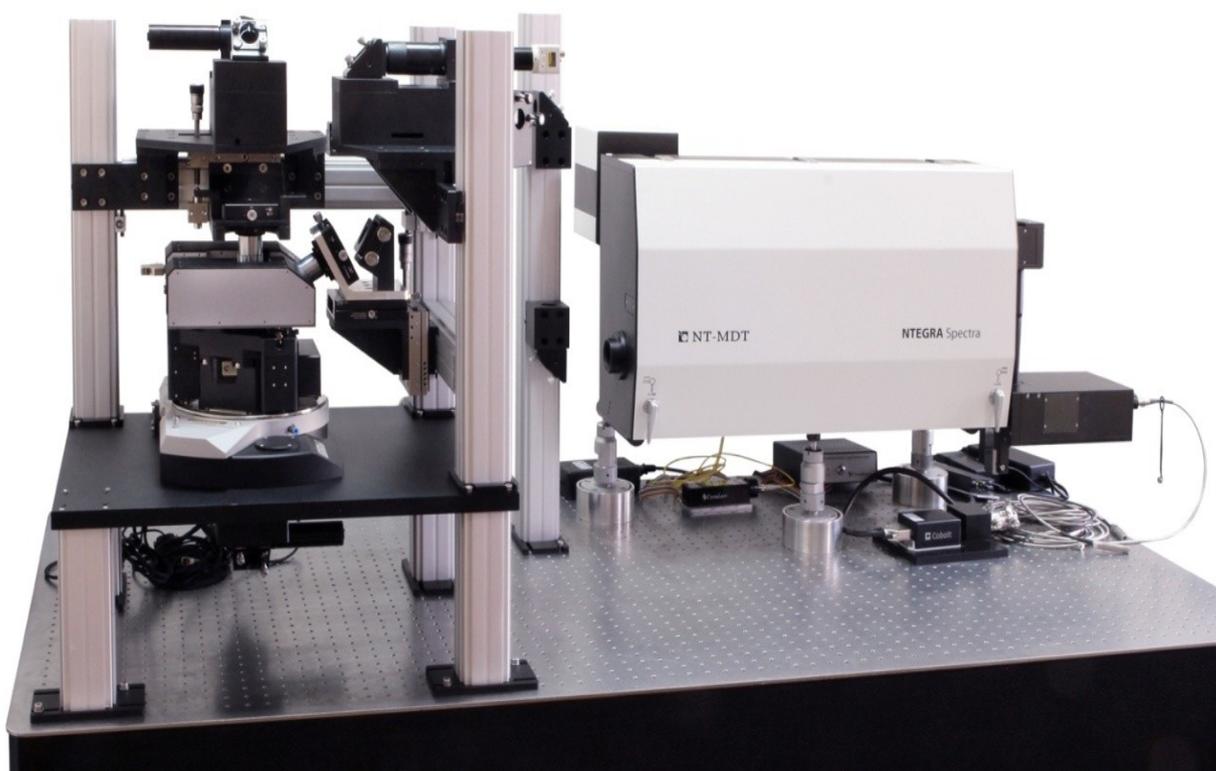


Рис.1. Комбайн сканирующего зондового микроскопа, Рамановского и люминесцентного спектрометра

На рис. 2 приведена структурная схема данной системы. Для возбуждения Рамановского рассеяния возможно использование до пяти лазеров. Излучение по одному из трех выбранных путей фокусируется в область острия иглы кантилевера. Этим же или любым из трех путей, рассеянный свет собирается, очищается фильтрами от возбуждающего излучения и фокусируется на входную диафрагму спектрометра, в котором и происходит спектральный анализ.

Принцип работы

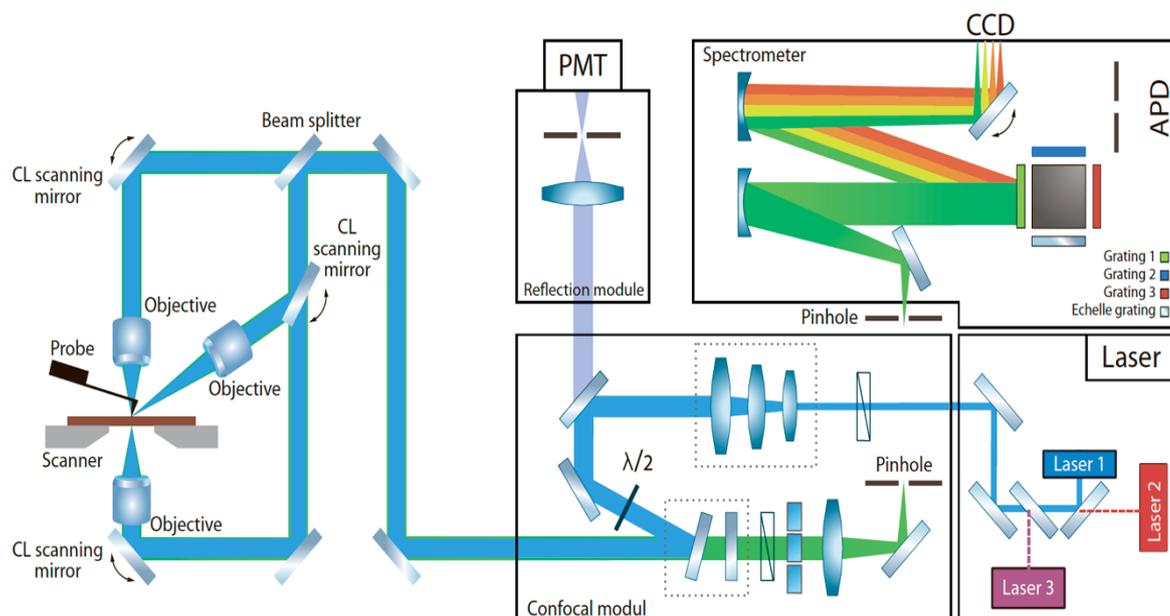


Рис.2. Структурная схема прибора ИИТГРА-СПЕКТРА-2

В этих приборах в качестве концентратора возбуждающего излучения выступает коническая игла атомно-силового микроскопа со специальным Au/Ag покрытием, на котором и возбуждаются оптические плазмоны. Генерирующиеся на конусе иглы (рис. 3) оптические плазмоны стекают к вершине [1] и взаимодействуют с колебательными степенями свободы поверхностных структур, возбуждение которых сопровождается изменением поляризуемости последних.

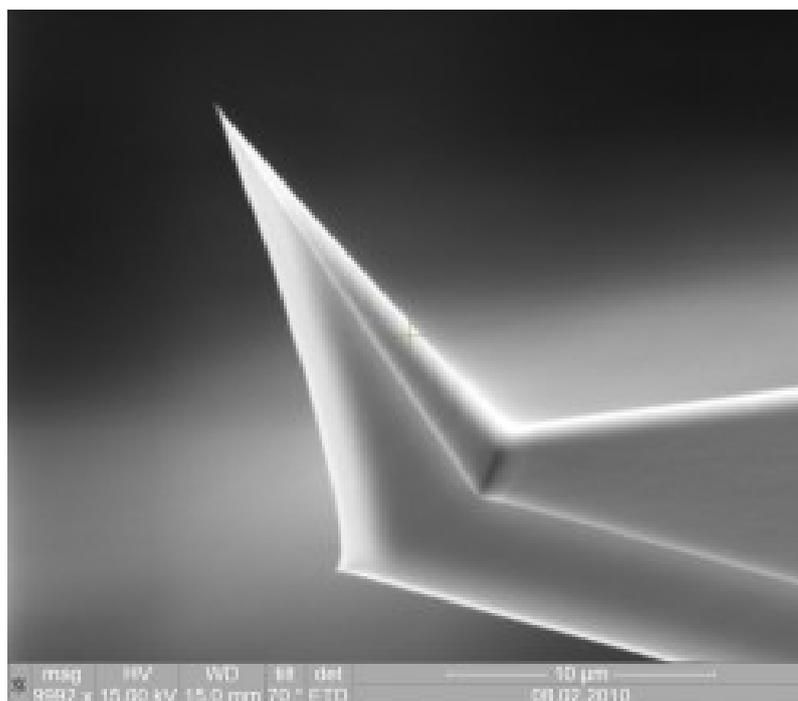


Рис. 3. TERS- игла СЗМ. Монокристаллический кремний с Au/Ag покрытием

Чешуйки графена на Si/SiO_2

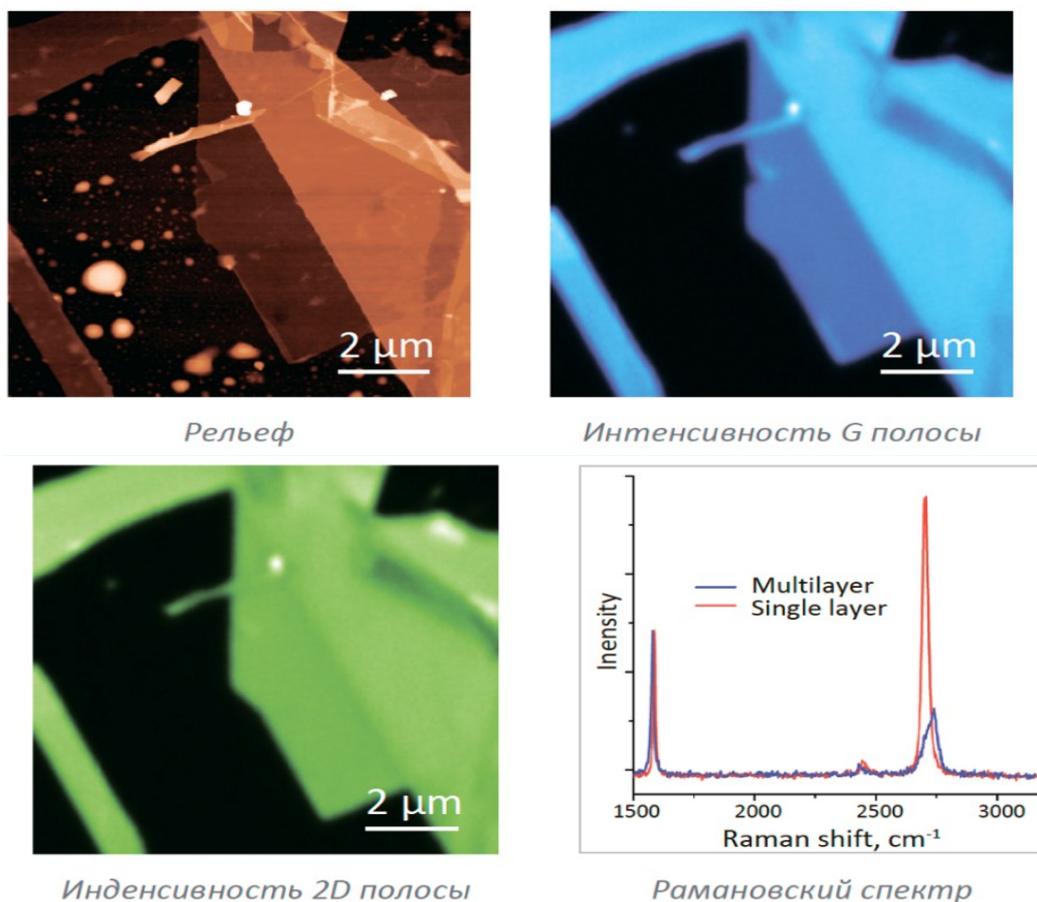


Рис. 4. Рельеф интенсивности G и 2D полос чешуек графена на поверхности тонкого SiO_2

На рис. 4 приведены АСМ изображения топографии и распределения G и 2D полос, а также Рамановские спектры объекта. С иглами, покрытыми тонкой пленкой Au/Ag, наблюдается усиление сигнала комбинационного рассеяния от 10^2 до 10^4 раз. Следует отметить, что устойчивое усиление сигнала Рамановского рассеяния наблюдается при работе в режиме сканирующей атомно-силовой спектроскопии (HD+ моде), исключающей «стирание» покрытия в процессе сканирования [3].

Сканирующие зондовые микроскопы-спектрометры

Первый атомно-силовой микроскоп компании НТ-МДТ появился в 1995 году. Это был прибор, работающий в контактной моде сканирования, способный регистрировать нормальные и латеральные отклонения кантилевера. Замена измерительной головки позволяла работать и в модах туннельной микроскопии. К 1997 году удалось разработать следующие версии приборов: Solver-P47, Solver-P47H, которые работали в полуконтактных (теппинг) модах. Дальнейшее их развитие позволило реализовать режимы регистрации

токов растекания, регистрации изменения поверхностного потенциала (Кельвин-мода).

Коррекция нелинейности пьезоэлектрических сканеров этих приборов осуществлялась программными средствами с предварительной калибровкой приборов по тестовым структурам известной геометрии. Для этого использовались калибровочные решетки. При этом нелинейности сканеров не позволяли процедур быстрого позиционирования зонда в желаемую точку, превращая эту процедуру в итерационный процесс многократного сканирования. Нелинейные искажения топографии при этом составляли 1-2%.

В период 2003-2005 годы была разработана новая линия приборов, в которых был создан новый вариант сканеров – сканеров с 3-х координатными емкостными датчиками. Использование таких датчиков обеспечивает нелинейность лучше 0,1% и полностью решает задачу репозиционирования относительно максимального размера поля сканирования ($100 \times 100 \text{ мкм}^2$) – сканирующие зондовые микроскопы ИНТЕГРА (рис.4), НЕКСТ, ТИТАНИУМ, ВЕГА, НАНОЭДЬЮКАТОР-2.

Во всех приборах, начиная с первого туннельного микроскопа, были развиты моды литографии, обеспечивающие возможность токовой, деформационной модификации поверхности по заданному алгоритму. Используя опции литографии можно создавать модельные наноэлектронные функциональные элементы (одноэлектронные транзисторы, например) нанометровых размеров. Производительность в этом случае не велика, но для исследовательских целей вполне приемлема.

Появление новой элементной базы позволило создать принципиально новые контроллеры, с использованием которых удалось перевести приборы на новый уровень – уровень сканирующих атомно-силовых спектрометров [3]. При этом сохраняется возможность работы во всех ранее разработанных модах сканирующей зондовой микроскопии.

Мода сканирующей атомно-силовой спектроскопии была предложена еще в начале 90-х годов одним из создателей атомно-силовой микроскопии Христовом Гербером и запатентована как 'Jumping mode' – мода, в которой в каждой точке измеряется зависимость силы взаимодействия в системе зонд-подложка от расстояния между ними, но ее использование было практически невозможно из-за того, что одно измерение в точке занимало порядка 10^{-4} сек. При этом, если в силовой кривой будет 10^3 точек, то сканирование поля с 256×256 точек заняло бы не менее 2 часов.

Использование современных контроллеров кардинально решает эту проблему, обеспечивая скорость строчного сканирования на уровне 1-2 Гц при поле сканирования 1024×1024 точек при 3×10^3 измерений в каждой точке [4, 6]. Кроме того, имеется возможность во время сканирования в нужные моменты включать модулирующие сигналы, измерять ток между иглой и кантилевером, на втором проходе или на обратном ходе сканирования измерять, например, изменение электрического потенциала (Кельвин мода). На рис. 5 показана схема реализации моды (HD-AFMTM Mode)

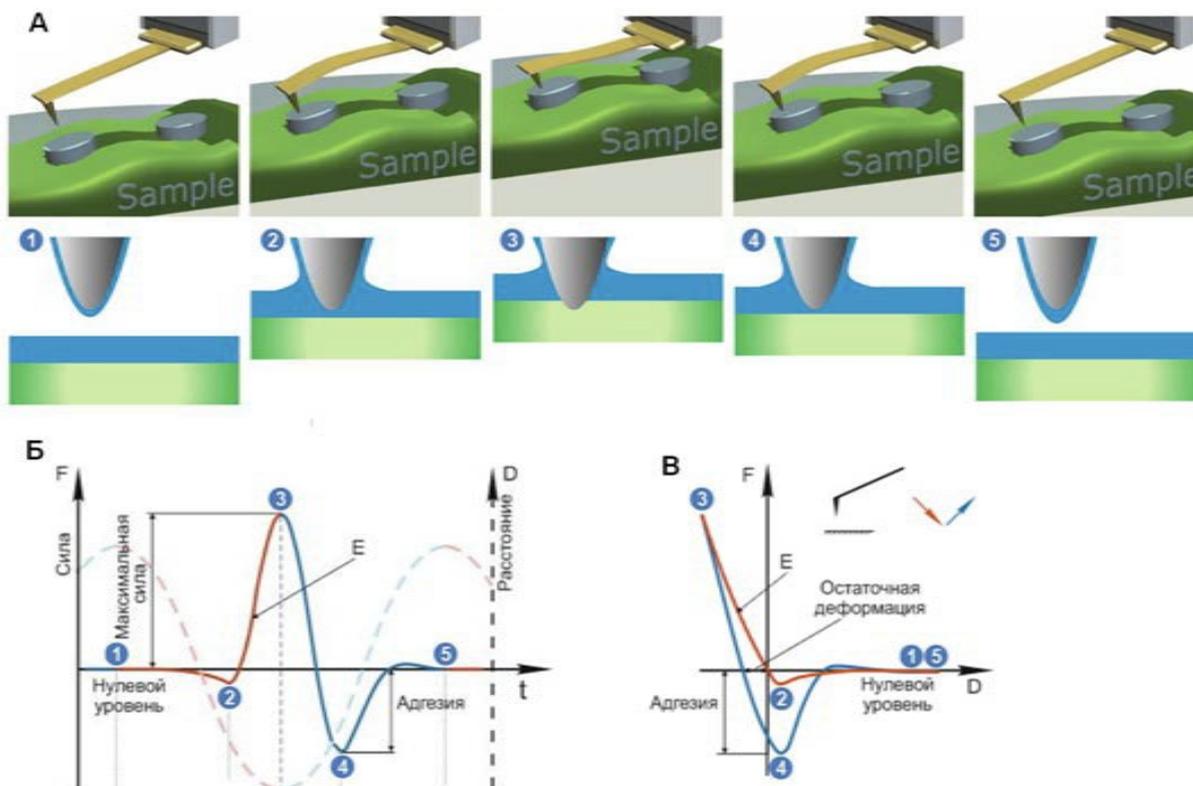


Рис. 5. Атомно-силовая спектроскопия. Измерение зависимости силы взаимодействия в системе зонд-поверхность от расстояния между ними

Сканирующие зондовые микроскопы – приборы, предназначенные фиксировать, в том числе, весьма малые изменения геометрических параметров объекта размером вплоть до единиц нанометра. Но при этом необходимо помнить, что игла туннельного датчика, кантилевера, напрямую не «привязана» к данной точке поверхности. Петля механического крепления может составлять от десятка сантиметров до полуметра в случае измерения пластин большого диаметра. При этом изменения температуры образца даже на доли градуса (1-2 градуса обычные колебания температур в лабораторных помещениях) может привести к смещениям зонда относительно исследуемого объекта на поверхности (дрейфу) со скоростью до десятка нанометров в минуту. Дрейф не позволяет получать атомарное разрешения при обычных строчных частотах сканирования (1-2 Гц), искажая реальные изображения объекта.

Сканирующие зондовые микроскопы весьма чувствительны к механическим вибрациям, звуковым шумам даже при использовании сканеров с резонансными частотами до 20 кГц, что также приводит к появлению дополнительных артефактов и исключает возможность получения качественных результатов в обычных лабораторных условиях даже при использовании специальных виброзащищающих столов с активной системой защиты от вибраций, вынуждая устанавливать приборы на специальных фундаментах или в подвальных, звукозащищённых помещениях.

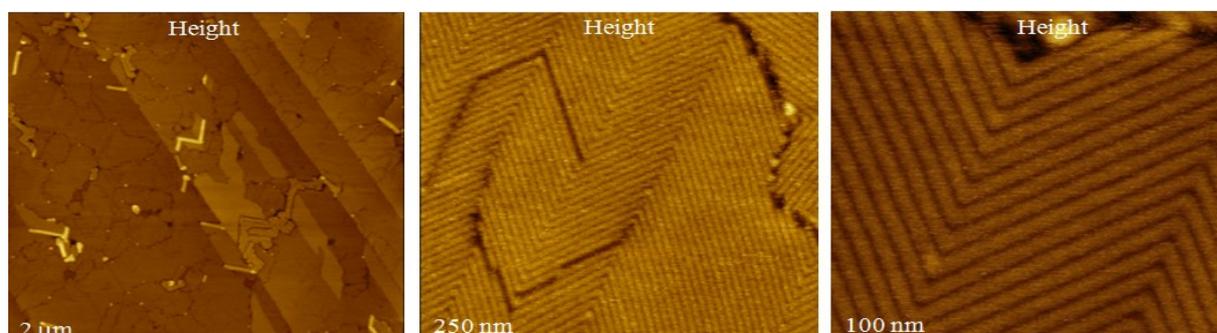


Рис. 6. ИНТЕГРА ПРИМА в термо- и акусто защищенном боксе и изображение поверхности флюороалканов на подложке НОРГ. Дрейф менее 0,2 нм/мин

Для решения этих проблем в настоящее время разработаны специальные портативные боксы (рис. 6), оснащенные системами термостабилизации с контроллерами, обеспечивающими точность поддержания температуры прибора с точностью до $5 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$. Температура внутри камеры поддерживается на несколько градусов выше температуры лабораторного помещения, что компенсирует выделение тепла собственными электронными компонентами прибора. Использование специальных, звукопоглощающих материалов позволяет обеспечить подавление звуков до 30 дБ в полосе частот 0,3-3 кГц. Такие системы позволяют обеспечить дрейф в пределах 6 нм/час и обеспечивают возможность получения атомарного разрешения даже в условиях выста-

вок. Использование «не пылящих» материалов позволяют эксплуатацию приборов в гермозонах, практически в любых лабораторных помещениях, обеспечивая возможность получения высококачественных результатов

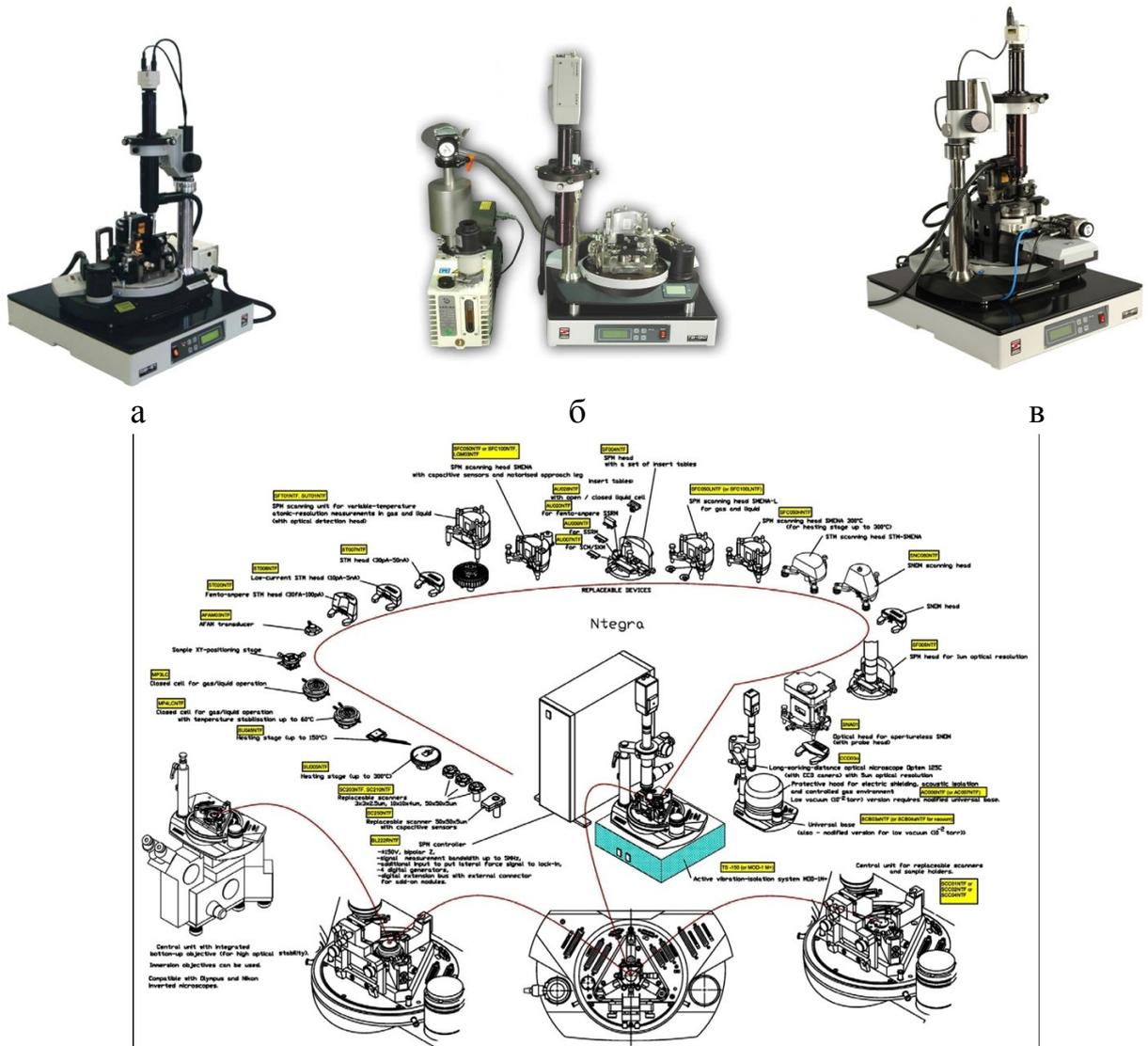


Рис. 7. Варианты реконфигурирования различными измерительными головками и сканерами и фотографии воздушного и вакуумного варианта систем ИНТЕГРА холдинга NT-MDT Spectrum Instruments. (а) – ИНТЕГРА ПРИМА – СЗМ для работы на воздухе и в контролируемых средах, (б) ИНТЕГРА АУРА – возможность работы в вакууме с откачкой до 10^{-4} торр (опционно до 10^{-6} торр), (в) – ИНТЕГРА LS – возможность работы с пластинами диаметром до 100 мм

Для центров коллективного пользования приборы типа ИНТЕГРА, для полной реализации возможностей которых необходима специальная подготовка, слишком сложны. В этом случае более эффективны автоматизированные приборы – СОЛВЕР НЕКСТ и его следующая конфигурация ТИТАНИУМ. Приборы оснащены системами автоматического позиционирования, моторизованными подвижками образцов, автоматически сменяемыми измерительными головками. СОЛВЕР НЕКСТ вошел в сотню лучших инновационных разработок мира по версии журнала Research&Development 2009 года.

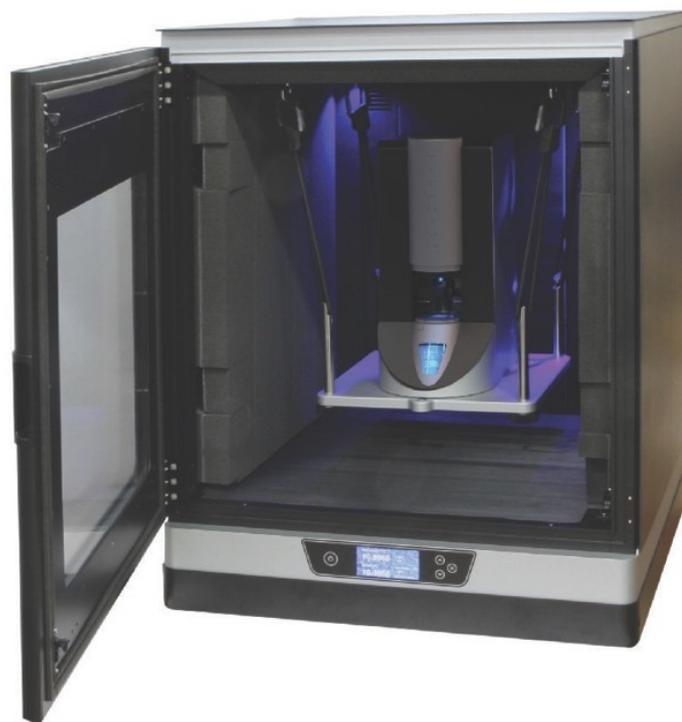
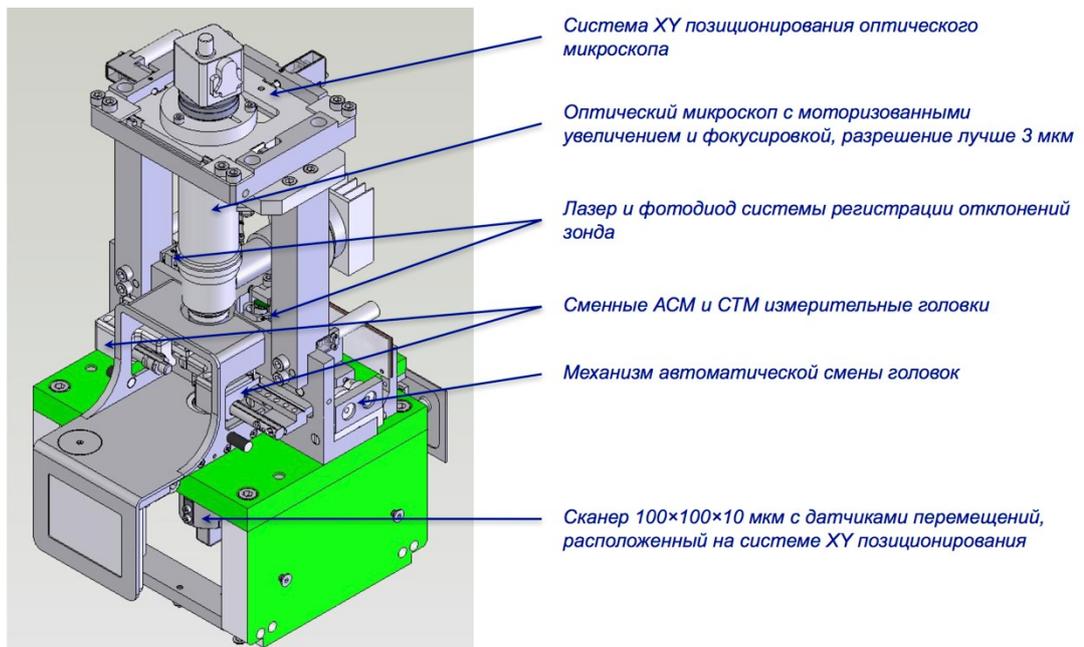


Рис. 8. Сканирующие зондовые микроскопы СОЛВЕР-НЕКСТ, ТИТАНИУМ

Для быстрой и эффективной работы СЗМ этого типа оснащены легко сменяемыми многозондовыми кантилеверными картриджами, существенно снижающими технические требования к персоналу. Каждый картридж имеет 38 зондов. В зависимости от режима работы, а также при выходе из строя зонда, операция его замены требует нескольких секунд и осуществляется автоматически по требованию оператора.

Потребности микро и нанoeлектроники потребовали создания приборов для измерения объектов диаметром 200-300 мм. При этом остаются высокими требования по шумам, дрейфам, возможности реализации многомодовых режимов, быстрого репозиционирования с возможностью возврата на прежнее место с точностью до нескольких нанометров.

СЗМ ВЕГА может эксплуатироваться в чистых помещениях, оснащен мощными системами термостабилизации, подавления акустических возмущений, системой виброзащиты. Даже на пластинах диаметром до 200 мм прибор обеспечивает возможность получения атомарного разрешения. Возможна работа как со стандартными кантилеверами, так и кантилеверными картриджами. Оптический микроскоп прибора обеспечивает разрешения до 1 мкм.



Рис. 9. СЗМ ВЕГА для исследования пластин, диаметром до 200 мм с системой термо- и акустостабилизации (а) с установленными на подвижный стол пластинами диаметром 100 мм (б). Точность поддержания температуры $5 \times 10^{-3}^{\circ}\text{C}$, подавление шумов – 30 ДБ

СЗМ в системе школьного и вузовского образования

Для развития современных технологий исключительно важной задачей является подготовка специалистов. Этот процесс необходимо начинать со школьной скамьи. Видеть и иметь возможность активно воздействовать на молекулярные структуры – это резко меняет и усиливает глубину понимания физики, химии, биологии. На рис. 10 приведена фотография и возможности последнего варианта прибора НАНОЭДЬЮКАТОР, которым в настоящее время оборудованы десятки учебных классов России и мира. Этот прибор вошел в число лучших разработок мира по версии журнала Research & Developments в 2011 году.

НАНОЭДЬЮКАТОР II в отличие от его первой версии является современным и достаточно мощным по своим возможностям сканирующим зондовым микроскопом. Сканер прибора оснащен прецизионными емкостными датчиками, обеспечивающими компенсацию крипа и гистерезиса пьезокерамического трубчатого сканера прибора с возможностью быстрого репозици-

онирования, возможностью производить режимы литографии без искажения изображения.

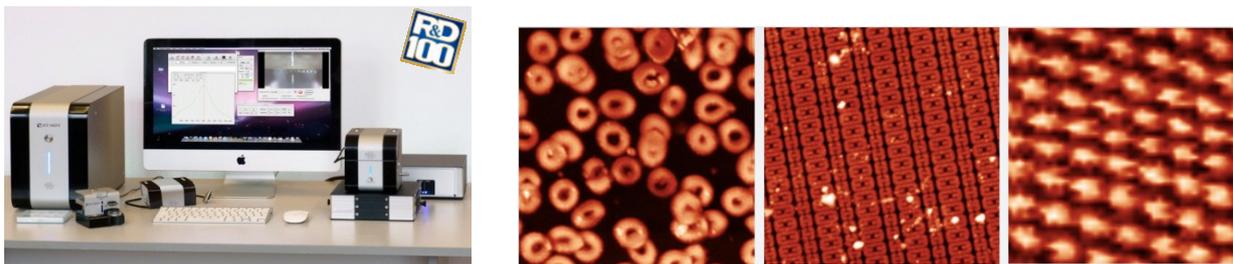


Рис. 10. Прибор для системы образования НАНОЭДЬЮКАТОР-II и изображения эритроцитов (размер скана 50x50 мкм), участка микросхемы (размер скана 30x30 мкм) и атомной структуры высоко-ориентированного пиролитического графита (СТМ скан размером 2x2 нм), полученные на этом типе приборов.

НАНОЭДЬЮКАТОР II позволяет получать атомарное разрешение, изучать биологические объекты, работать практически во всех режимах атомно-силовой и туннельной микроскопии.

Безапертурная сканирующая зондовая микроскопия

Созданы первые варианты приборов безапертурной ИК ближнепольной микроскопии в комбинации с атомно-силовой микроскопией (Aperturless Scanning Near-Field Optical Microscopy, ASNOM) с латеральным разрешением до 10 нм (рис. 11). В качестве источника ИК излучения в настоящее время используется CO₂ лазер с интерферометром Майкельсона с возможностью перестройки по длине волны в диапазоне 10,3-10,8 мкм. Для инициации рассеяния используются зонды с проводящим покрытием. Система позволяет регистрировать неупругое рассеяние, обусловленное взаимодействием излучения при сближении зонда с образцом, модулированное частотой колебания зонда на фоне отраженного сигнала лазера. Использование таких систем позволяет регистрировать изменения диэлектрической проницаемости образцов, а также сигналы неупругого взаимодействия, обусловленные возбуждением колебательных мод молекул на поверхности образца.

Дальнейшее развитие приборов, включающих возможности атомно-силовой микроскопии и спектроскопии предполагает объединение методов АСМ, люминесцентной и Рамановской спектроскопии и ASNOM с расширением спектрального диапазона последней с использованием каскадных лазеров, что позволит получать комплексную информацию как о топографии и физических свойствах поверхностей, так и о химическом составе поверхностных слоев.

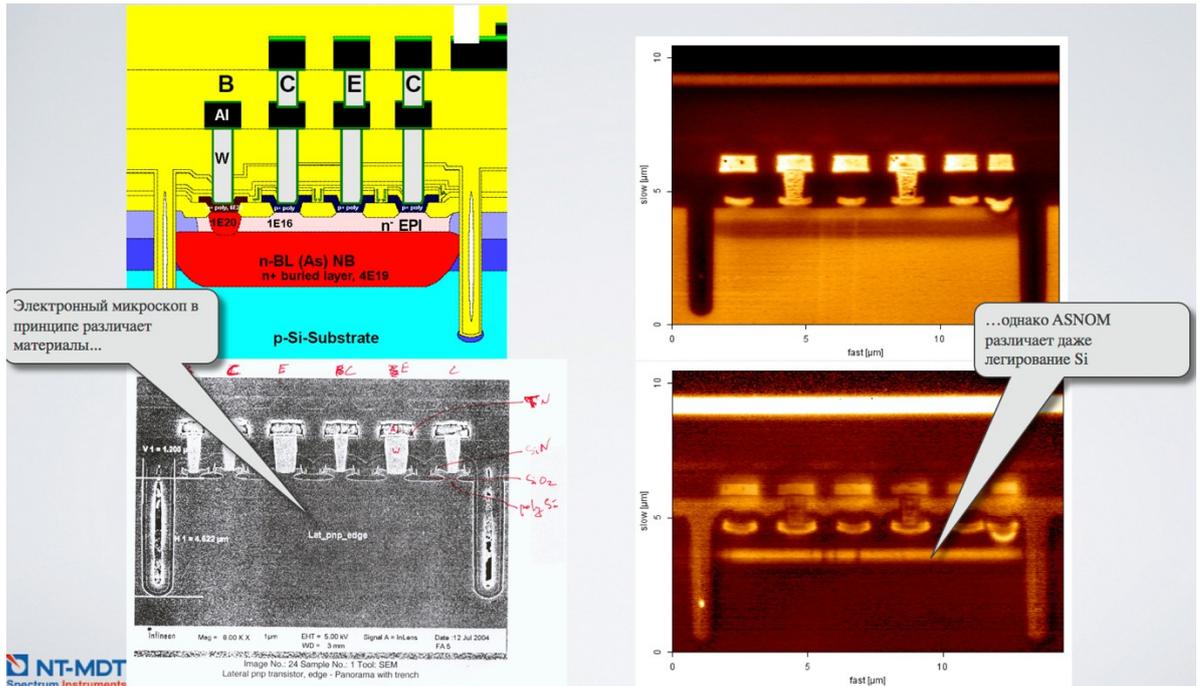
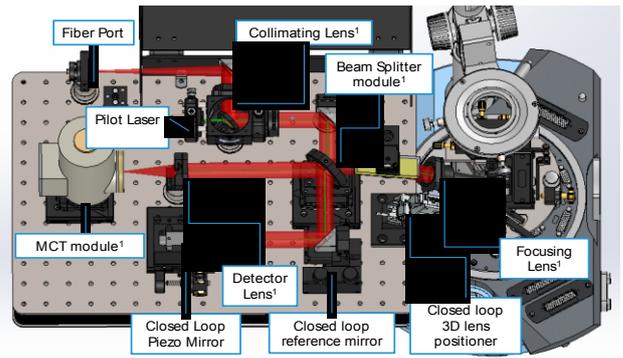
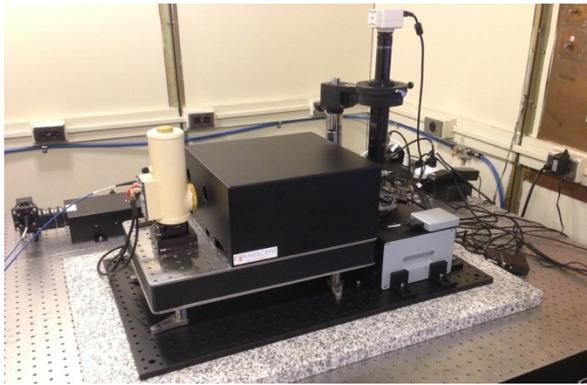


Рис. 11. Безапертурный ближнепольный/атомно-силовой микроскоп, схема и изображение скола пластины с планарного р-п-р транзистора в электронном микроскопе (слева) и ASNOM изображение, где отчетливо проявляется легированная область, невидимая в электронном микроскопе.

Развитие технологии кантилеверов АСМ

Параллельно с развитием АСМ интенсивно развивалась и технология изготовления кантилеверов. Для реализации различных режимов атомно-силовой микроскопии требуются кантилеверы разнообразных типов и конструкции. В настоящее время используются десятки различных типов кантилеверов. В зависимости от режимов измерения нужны кантилеверы с различными резонансными частотами в диапазоне от десятков килогерц до 5 МГц (режимы «быстрого» сканирования), с различной жесткостью, добротностью, с различными покрытиями, геометрией и радиусом кривизны острий, длиной и формой игл, с функциональными элементами на них (например, терморезистивными датчиками).

Смена зондовых датчиков также требует специальной тренировки и является сдерживающим фактором, усложняющим использование прибора. При

малейшей неаккуратности возможна поломка зонда, цена которого может составлять несколько сотен долларов США.

Кроме того, технология изготовления кантилеверов из монокристаллического кремния требует операции глубокого легирования примесями бора или фосфора для стабилизации толщины кантилевера на глубину 1-2 мкм в зависимости от требуемой жесткости балки. При этом при последующем травлении ошибка в задании толщины может составлять до 25% и не постоянна даже на площади одной пластины. Зависимость жесткости (k_z) и резонансной частоты (f_r) прямоугольных кантилеверов описывается известными соотношениями [9]:

$$k_z = (E \cdot t^3 \cdot w) / (4 \cdot L^3)$$

$$f_r = 0,162 \cdot (t/L^2) \cdot (E/\rho)^{1/2}$$

где E – модуль Юнга материала кантилевера, t – толщина, w – ширина, а L – длина балки кантилевера.

Длина и ширина определяется технологиями фотолитографии, точность воспроизведения которых не хуже 1%, а толщина – легированием и травлением, что контролируется существенно хуже и именно она определяет плохую воспроизводимость свойств кантилеверов, весьма существенную, в особенности, для мод силовой спектроскопии (HybriD Mode™).

Для решения проблемы воспроизводимости была разработана новая технология производства кантилеверов, в которой толщина балки определяется точностью воспроизводства толщины. Для того, чтобы избежать сложностей, связанных с неоднородностью травления монокристаллических материалов, в качестве материала балки был выбран поликристаллический кремний, что позволило значительно увеличить процент выхода годных кантилеверов (практически до 100%) с повторяемостью резонансных характеристик балок лучше 10% и сделало возможным реализацию идеи многозондовых картриджей для АСМ.

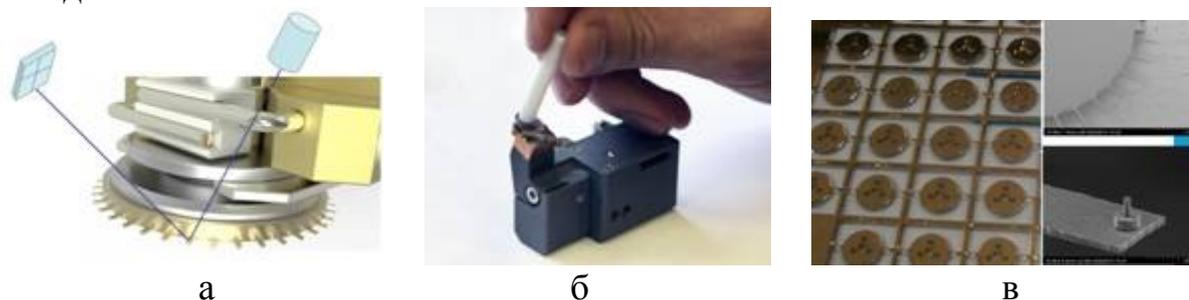


Рис. 12. а) схема СЗМ с картриджами, б) установка картриджа на измерительную головку, в) образцы многозондового картриджа

Разработка технологии кантилеверов с балками из поликристаллического кремния позволила решить задачу создания зондовых картриджей, радикально упрощающей эксплуатацию приборов. Была предложена центросимметричная конструкция. Картридж представляет собой многозондовый датчик

контурного типа диаметром 8 мм, содержащий 38 кантилеверов. Выбор действующего кантилевера осуществляется программно с оптическим контролем. Замена картриджа осуществляется вручную и не является сложной процедурой. Для работы с картриджами созданы специальные измерительные головки, которые интегрируются в новые приборы компании.

Заключение

Мир изменился и продолжает интенсивно изменяться. Все сильнее входит в жизнь техника с элементами интеллекта. Интенсивно развивается робототехника. Все это требует новых устройств, микросхем, материалов. Очевидно, что новые технологии через очень непродолжительное время отнимут такие, кому-то кажущиеся базовыми козыри России как нефть и газ. Страна, претендующая на лидерство в мире должна давать ему продукты интеллекта, а не ввозить их в обмен на сырье. А для того, чтобы это стало реальностью, необходимо глубоко понимать и науку о материалах, устройствах, наполнять среду продуктами интеллекта.

Дальнейшее развитие аналитической техники, включая и сканирующую зондовую микроскопию, предполагает все большее ее погружение в поле информационных технологий и оказывает влияние, в том числе, и на восприятие мира нашим потомством.

Именно с этой целью эта техника внедряется в методы школьного образования, изменяя восприятие мира молодым, вступающим в жизнь поколениям.

Последовательное инновационное развитие сканирующих зондовых микроскопов позволило перепозиционировать эти приборы, существенно снизить требования к пользователям от энтузиастов метода до специалистов в зондовой микроскопии, а в настоящее время приборами последних разработок группы компаний NT-MDT Spectrum Instruments с успехом могут пользоваться и лаборанты, и инженеры для контроля технологических параметров процессов, и специалисты-материаловеды, цель которых получить хорошо интерпретируемую информацию о физических и физико-химических особенностях объекта.

Литература

1. *Диссертация на соискание ученой степени к.ф.-м.н., Мануйлович Е.С., Распространение ультракоротких электромагнитных импульсов в естественных средах и искусственных структурах. Глава 3, Дис. Совет. Д 212.156.09, Долгопрудный, 2016 год.*
2. *Диссертация на соискание ученой степени к.ф.-м.н., Маловичко И.М., Нерезонансные прерывисто-контактные методы атомно-силовой микроскопии, диссертационный совет Д 520.009.01 на базе НИЦ «Курчатовский институт», 2014 год.*
3. *В.А. Быков, А.С. Калинин В.В., Поляков, А.В. Шелаев. К научному приборостроению для нанотехнологии: сканирующая зондовая микроскопия. Журнал «Электронная техника», серия 3, МИКРОЭЛЕКТРОНИКА, 2017, стр. 30-44.*

4. Magonov, S., Belikov, S., Surtchev, M., Leesment S., & Malovichko, I. (2015). *High-Resolution Mapping of Quantitative Elastic Modulus of Polymers. Microscopy and Microanalysis*, 21 (Suppl. 3) , pp 2183-2184. doi:10.1017/S1431927615011691.
5. Montenegro, J., Vazquez-Vazquez, C., Kalinin, A., Geckeler, K. E., & Granja, J. R. (2014). *Coupling of carbon and peptide nanotubes. Journal of the American Chemical Society*. doi:10.1021/ja410901r
6. Alexander, J., Magonov, S. (2015). *High-Resolution Imaging in Different Atomic Force Microscopy Modes. NT-MDT Application note, Vol. 88.*
http://www.ntmdt.com/data/media/files/products/general/high-resolution_imaging_in_afm_an088_a4_full.pdf

Библиографическая ссылка: Быков В.А. Метрология и НБИКС – что это? И зачем все это России? // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 150-168

Article reference: Bykov V.A. Metrology and NBICS – what is it? And why all this Russia? // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 150-168

Роль современной электронной микроскопии в изучении живой природы

*Ахметова А.И., инженер МГУ имени М.В. Ломоносова,
Мешков Г.Б., научный сотрудник МГУ имени М.В. Ломоносова,
Яминский И.В., профессор МГУ имени М.В. Ломоносова,
Yaminsky@nanoscopy.ru*

Аннотация: Настоящая статья была запланирована в начале лета 2017 года. Тогда мы еще не знали, что Нобелевский комитет так высоко оценит достижения в области криогенной электронной микроскопии[1]. Как было сказано в пресс-релизе Нобелевского комитета о вручении премии по химии: «Картинка – это ключ к пониманию. Научные прорывы часто основываются на успешной визуализации объектов, невидимых для человеческого глаза».

Ключевые слова: криогенная электронная микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия, вирус гриппа А, вирус бешенства, эритроцит, биосенсор, проточная жидкостная ячейка.

The Role of Modern Electron Microscopy in the Study of Living Nature

*A.I. Akhmetova, Engineer of Lomonosov Moscow State University,
G.B. Meshkov, Researcher of Lomonosov Moscow State University,
Yaminsky I.V., Professor of Lomonosov Moscow State University,
Yaminsky@nanoscopy.ru*

Abstract: This article was planned in early summer of 2017. At that time, we did not yet know that the Nobel Committee would so highly appreciate the achievements in the field of cryo-electron microscopy. As it was said in the press release of the Nobel Committee about the awarding of the Chemistry Prize: «A picture is a key to understanding. Scientific breakthroughs often build upon the successful visualisation of objects invisible to the human eye».

Key words: cryo-electron microscopy, scanning probe microscopy, influenza A virus, rabies virus, erythrocyte, biosensor, flowing liquid cell.

Роль современной электронной микроскопии в изучении живой природы

Криогенная электронная микроскопия живых клеток и сканирующая зондовая микроскопия являются взаимно дополняющими методами. Криогенная электронная микроскопия позволяет легко заглянуть внутрь замороженной клетки, а зондовая дает детальную информацию о структуре поверхности. В криогенной микроскопии можно замораживать клетку на различных этапах её развития, а зондовая позволяет снимать реальное кино, происходящее с клетками в физиологически приятной для них среде – на воздухе и в жидкости.

В своей деятельности по изучению биологических объектов мы объединяем оба метода: электронную и зондовую микроскопии.

В частности, для вирусологии электронная микроскопия позволяет воочию увидеть вирус гриппа А и вирус бешенства.

Изображения вирусов гриппа штаммов H4N6 и H3N6 представлены на рис. 1 и 2.

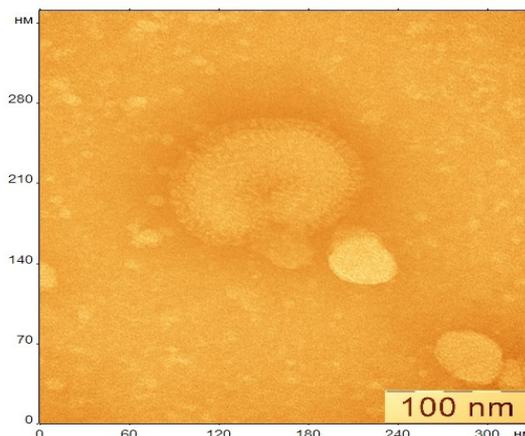


Рис. 1. Изображение вируса гриппа H3N6, полученное на просвечивающем электронном микроскопе LEO 912 AB

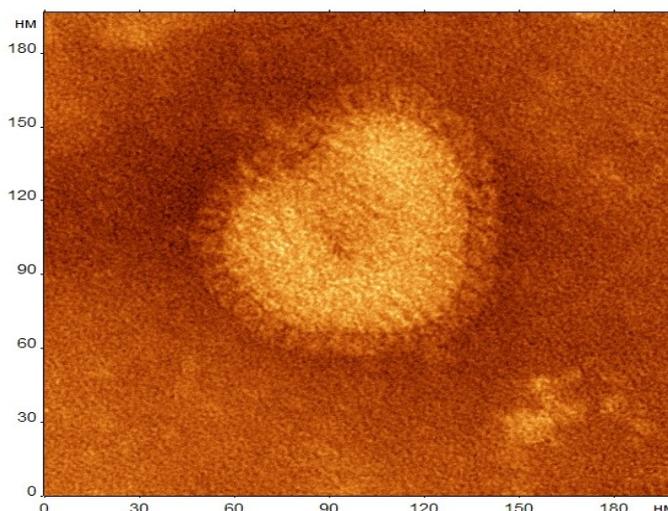


Рис. 2. Изображение вируса гриппа H4N6, полученное на просвечивающем электронном микроскопе LEO 912 AB

В экспериментах мы использовали ослабленный формальдегидом вирус гриппа H3N6 и H4N6, предоставленный Институтом полиомиелита вирусных энцефалитов имени М.П. Чумакова [1].

Благодаря полученным кадрам, мы можем рассмотреть липопротеидную оболочку, на поверхности которой расположены гемагглютинин (H) и нейраминидаза (N).

Просвечивающая электронная микроскопия позволяет увидеть отдельные вирусные частицы в вакууме с разрешением, обеспечивающим наблюдение структуры наружной мембраны вируса [1].

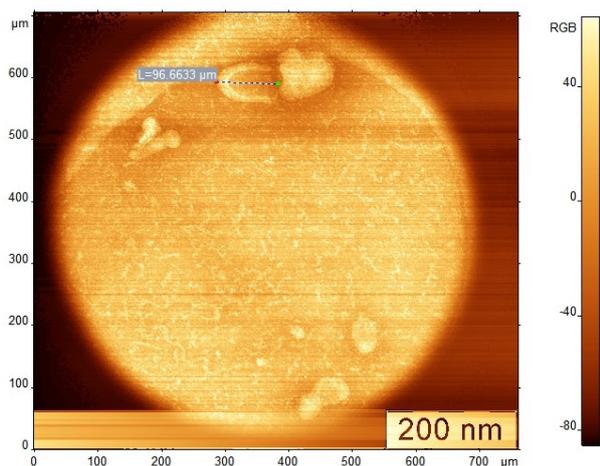


Рис.3. Изображение вируса бешенства. Просвечивающий электронный микроскоп LEO 912AB. Обработка в ПО «ФемтоСкан Онлайн» [1].

В рамках исследования концентрированной культуральной антирабической вакцины нами проводилось подробное изучение изменений оболочки вируса бешенства. Вирус представляет собой частицу пулевидной формы, внутри гликопротеиновой оболочки располагается рибонуклеопротеин. Сначала образец вакцины нанесли на медную сетку для просвечивающей электронной микроскопии, затем обработали фосфорно-вольфрамовой кислотой и подсушили.

В результате исследования был осуществлен подсчет количества вирионов в мл вакцины, а также были изучены структурные особенности оболочки вируса в процессе создания вакцины.

Одним из самых больших недостатков электронной микроскопии является невозможность работы с живыми клетками в естественной среде, поэтому для этих целей мы используем сканирующую зондовую микроскопию.

С помощью сканирующей зондовой микроскопии нами было проведено наблюдение эритроцитов. На рисунке 4а приведено изображение эритроцита в норме. Представленные эритроциты были предварительно подвергнуты электропорации. Благодаря применению СЗМ впервые удалось увидеть характер образовавшихся пор на их поверхности [5]. На увеличенном изображении фрагмента мембраны эритроцита отчетливо видны отдельные поры размером в 30-40 нм (рис. 4б).

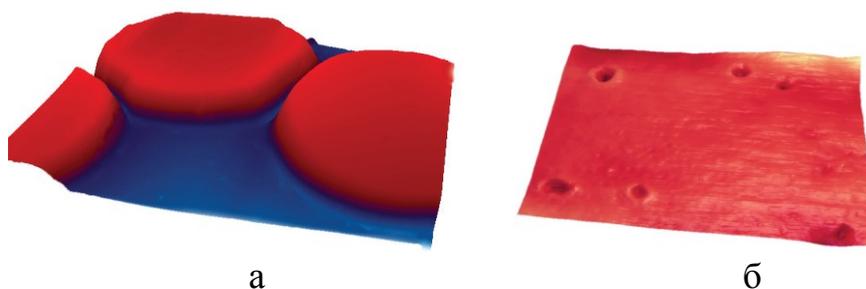


Рис. 4. Изображения: а) эритроцитов и б) фрагмента участка мембраны эритроцита с порами, образованными в результате электропорации. Изображения получены с помощью СЗМ ФемтоСкан

Как правило, наблюдение объектов в зондовой микроскопии требует очень тщательной и щепетильной пробоподготовки, но в данном случае наблюдение эритроцита относится к исключительному случаю, когда не требуется предварительная очистка исследуемого образца [6].

Таким образом, оба метода – и электронная микроскопия, и сканирующая зондовая – дают возможность визуализировать морфологию биообъектов, оценить особенности структуры и могут прекрасно друг друга дополнять.

Визуализация биологических объектов – вирусов и клеток – имеет важное познавательное значение. Другой существенный аспект – это использование этих методов для визуализации процессов инфицирование клетки вирусными частицами. Опасен данный штамм вируса гриппа конкретному человеку или нет, можно выяснить по наблюдению за одной клеткой. Начальный этап инфицирования часто происходит за счет взаимодействия сиаловых кислот эпителиальных клеток носоглотки с гемагглютинином вируса гриппа А. В результате этого взаимодействия вирус попадает внутрь клетки. Инфекция развивается. Наблюдая за отдельной клеткой в лабораторных условиях – клеткой эпителия или, что проще, за отдельным эритроцитом – можно ответить на вопрос, опасен этот вирус человеку или нет.

Методы электронной и зондовой микроскопии, обладая уникальной чувствительностью и пространственным разрешением при наблюдении вирусов, позволяют проводить раннее обнаружение вирусных частиц в окружающей среде. Важным этапом такого метода является создание биоспецифических биосенсоров, избирательно осаждающих из биологических жидкостей на своей поверхности вирусные частицы [7]. Если этот этап проведен надлежащим образом, то последующая операция наблюдения и подсчета вирусных частиц с помощью электронного или зондового микроскопа становится рутинной операцией, легко поддающейся автоматизации.

Заражение вирусом гриппа А происходит воздушно-капельным путем. При кашле и чихании больной человек может отправлять в окружающую среду десятки тысяч и миллионы вирусных частиц. При этом капельки жидкости с вирусом, имеющие диаметр около 4 мкм, могут находиться в воздухе в течение многих часов. Такие микрокапли представляют существенную угрозу для здорового человека. Вдыхание капель, содержащих вирус, может привести к инфекционному заболеванию.

Для раннего обнаружения вирусных частиц в воздухе может помочь электронная и зондовая микроскопия. На первом шаге необходимо собрать капли жидкости из воздуха. Для этого воздушный поток можно направить на охлажденную поверхность элемента Пельтье и заморозить на его поверхности капли, содержащие воду и вирусы. После оттаивания собранной из воздуха жидкой смеси вирусные частицы следует осадить на сенсорную поверхность. Используя оригинальную конструкцию проточной жидкостной ячейки для сканирующего зондового микроскопа, процесс адгезии вирусных частиц на сенсорной поверхности можно наблюдать в режиме реального времени [7,8]. Одновременно с наблюдением вирусных частиц с помощью программного обеспечения ФемтоСкан Онлайн осуществляется подсчет числа вирусных частиц в поле зрения в зависимости от времени.

Таким образом, электронная и зондовая микроскопия становятся практическим инструментом медицинской диагностики вирусной инфекции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект 15-04-07678).

Библиография

1. «The Nobel Prize in Chemistry 2017». Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 10 Oct 2017. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2017/
2. Ахметова А., Яминский И. Раннее обнаружение вирусов и бактерий с использованием методов нанотехнологий // *Наноиндустрия*. — 2017. — Т. 71, № 1. — С. 70–74.
3. Обнаружение вирусов и бактерий в сканирующей зондовой микроскопии / А. Ахметова, Г. Мешков, И. Назаров и др. // *Наноиндустрия*. — 2016. — Т. 69, № 7. — С. 80–85.
4. Яминский И., Филонов А., Синицына О., Мешков Г. // Программное обеспечение «ФемтоСкан Онлайн» // *Наноиндустрия*, 2(64), 42-46 (2016).
5. А. И. Ахметова, Г. Б. Мешков, О. В. Синицына, И. В. Яминский. Сканирующая зондовая микроскопия в медицине. *Медицина и высокие технологии*, (4):16–19, 2016.
6. Яминский И., Ахметова А., Назаров И. Детектирование вируса гриппа А с применением пьезокерамических кантилеверов // *Медицина и высокие технологии*. — 2017. — Т. 1. — С. 5–9.
7. Соснин В.С., Ахметова А.И., Яминский И.В., Яминский Д.И., Мешков Г.Б., Оленин А.В. Проточная жидкостная ячейка для сканирующей зондовой микроскопии // Заявка № 2016146597 от 29.11.2016.
8. Соснин В.С., Ахметова А.И., Яминский И.В., Яминский Д.И., Мешков Г.Б., Оленин А.В. Проточная жидкостная ячейка для сканирующей зондовой микроскопии // Заявка № 2016146599 от 29.11.2016.

Библиографическая ссылка: Ахметова А.И., Мешков Г.Б., Яминский И.В. Роль современной электронной микроскопии в изучении живой природы // *НБИКС: Наука. Технологии*. 2017. Т.2, №2, стр. 169-173

Article reference: Akhmetova A.I., Meshkov G.B., Yaminsky I.V., The Role of Modern Electron Microscopy in the Study of Living Nature // *NBICS: Science. Technology*. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 166-173

К вопросу о причинно-следственных взаимоотношениях, определяющих прочность адгезионных связей.

Ответ академику Берлину А.А.

Кудрявцев П.Г.¹, Фиговский О.Л.²

¹ *Профессор, Polymate Ltd - Israel Research Center, POBox 73, Migdal HaEmek 2310001
e-mail: pgkudr89@gmail.com*

² *Академик Европейской Академии Наук, Nanotech Industries, Inc. Daly City, CA, USA
e-mail: figovsky@gmail.com*

Аннотация. Обсуждение замечания академика Берлин А.А. на статью «Прогнозирование прочностных характеристик адгезионных соединений в дисперсных системах» в журнале NBICS-Наука.Технологии, Т.1, № 1, 2017, с. 96-121. Замечание академика Александра Берлина к статье «Прогнозирование прочностных характеристик адгезионных соединений в дисперсных системах»: «Прочность адгезионной связи во многом определяется пластическими деформациями в области разрушения, а не химическими или межмолекулярными связями, так же, как и прочность любого тела (практически всегда), будь то металл, полимер и пр. Поэтому в принципе такие расчеты не имеют отношения к адгезионной прочности».

Ключевые слова: адгезия; межмолекулярные взаимодействия.

To the Question of Causal Relationships, Determining the Strength of Adhesive Joints. The Answer to Academician A. A. Berlin

Kudryavtsev P.G.¹, Figovsky O.L.²

¹ *Professor, Polymate Ltd - Israel Research Center, POBox 73, Migdal HaEmek 2310001
e-mail: pgkudr89@gmail.com*

² *Academician of the European Academy of Sciences, Nanotech Industries, Inc. Daly City, CA
e-mail: figovsky@gmail.com*

Abstract. Discussion of the remark of Academician Berlin A.A. to article «Prediction of strength characteristics of adhesive joints in dispersion systems» in the journal «NBICS-The science. Technologies», Vol. 1, № 1, 2017, p. 96-121. The remark of Academician Alexander Berlin to the article «Prediction of strength characteristics of adhesive joints in dispersion systems»: «The strength of the adhesive bond is largely determined by plastic deformations in the region of failure,

rather than by chemical or intermolecular bonds, as well as any body strength (almost always), whether it is metal, polymer, etc. Therefore, in principle, such calculations are not relevant to the adhesive strength».

Keywords: Adhesion; Intermolecular Interactions.

К вопросу о причинно-следственных взаимоотношениях, определяющих прочность адгезионных связей.

Ответ академику Берлину А.А.

Как мы уже отмечали в нашей работе «Прогнозирование прочностных характеристик адгезионных соединений в дисперсных системах» [1] существует большое количество теорий адгезии, и все эти теории рассматривают прочность адгезионных соединений с различных позиций. Во многих опубликованных работах можно обнаружить различные терминологические противоречия. Так, наш уважаемый оппонент академик Александр Берлин в своей монографии «Основы адгезии полимеров» определяют адгезию и как «связь», и как «явление сцепления» [2]. Этот взгляд по сути своей противоречит тому замечанию, которое им было высказано в своем замечании. В этой статье мы хотели бы вступить в дискуссию с уважаемым оппонентом и высказать свои соображения по этому вопросу. Свои соображения мы основываем на основе литературных данных, а также на результатах наших собственных исследованиях.

Обсуждая вопросы адгезии, мы хотели бы обратить внимание на следующие аспекты этой проблемы. Какую бы мы не применяли теорию адгезии, энергия адгезии обусловлена тем или иным типом взаимодействиями в поверхностном слое и характеризуется удельной работой, необходимой для разделения поверхностей. Как мы уже отмечали в нашей работе [1], послужившей началом настоящей дискуссии, энергия взаимодействующих тел U есть функция расстояния между ними R , и может рассматриваться как потенциальная энергия взаимодействия между адгезивом и субстратом. Как известно, сила, взаимодействия двух тел, связана с $U(R)$ соотношением:

$$F = - \frac{dU(R)}{dR} \quad (1)$$

При этом деформация представляет собой изменение взаимного положения частиц тела, связанное с их перемещением друг относительно друга. Деформация представляет собой результат изменения межатомных расстояний и перегруппировки блоков атомов. Обычно деформация сопровождается изменением величин межатомных сил, мерой которого является упругое механическое напряжение σ . Величина деформации будет определяться относи-

тельным изменением расстояния между взаимодействующими телами, относительно некоторого равновесного состояния R_0 :

$$d\varepsilon = \frac{1}{R_0} dR \quad (2)$$

При этом, сила, действующая на элемент dV объёма тела, равна интегралу тензора напряжения σ_{ij} на границе этого объёма по поверхности этого объёма S_j :

$$F_i = \oint \sigma_{ij} dS_j \quad (3)$$

Как известно, величина напряжения является функцией деформации

$$\sigma = f(\varepsilon) \quad (4)$$

Если эту функцию разложить в ряд Тейлора, то получим

$$f(\varepsilon) = f'(0) \cdot \varepsilon + \frac{f''(0)}{2!} \cdot \varepsilon^2 + \frac{f'''(0)}{3!} \cdot \varepsilon^3 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!} \cdot \varepsilon^n + \dots \quad (5)$$

Если в данном выражении отбросить члены 2-го и более высоких порядков, то получим закон Гука. Остальные члены выражения (5) отражают вклад пластических деформаций в соотношение (4). Таким образом, закон Гука отражает зависимость, в соответствии с которой упругое механическое напряжение пропорционально модулю упругости:

$$\sigma = \left. \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \right|_{\varepsilon=0} \cdot \varepsilon = E \cdot \varepsilon \quad (6)$$

Исходя из вышесказанного, формально получается, что, как утверждает наш оппонент, «прочность ... определяется пластическими деформациями в области разрушения». Однако принимая такое утверждение, мы попадаем в логическую ловушку из области причинно-следственных связей подобно классической задаче «о первичности яйца или курицы». Описанный выше подход к этой проблеме является исключительно механистическим и не отражает природы этого явления. На самом деле, во всех явлениях, существующих в природе, первичными являются силы межчастичных взаимодействий. Сюда относятся все виды взаимодействий, которые определяют существование всех природных объектов от микромира до макромира и самой Вселенной, включая и нас с нашим уважаемым оппонентом.

Поэтому деформации и напряжения, возникающие при этом, в различных телах определяются исключительно возможностями смещения атомов в мо-

лекулах друг относительно друга и, соответственно, молекул в макроскопических телах. Поэтому еще раз необходимо подчеркнуть, что любые деформации в различных телах не являются причиной их разрушения. Причиной разрушения являются внешние и внутренние силы, действующие на данные тела, и соответственно, напряжения и деформации, возникающие под их воздействием. Поэтому прочность любых тел мы должны рассматривать с точки зрения тех сил, которые обуславливают саму стабильность данных физических тел как таковых. Прежде всего к этим силам относятся: кулоновские силы, Ван-дер-Ваальсовы силы и силы химической связи. В этом рассмотрении, по причинам больших масштабных различий, мы опускаем ядерные и гравитационные силы. Кроме того, с точки зрения характера химических взаимодействий, эти взаимодействия совершенно идентичны, как в объеме материала, так и на границе раздела двух материалов. Различие заключается только в наличии поверхностной энергии, которая обусловлена несбалансированностью химических связей в объеме материала, по сравнению с его поверхностью. При этом адгезионные взаимодействия, в определенной степени, обеспечивают балансировку этих сил. Поверхностная энергия – это потенциальная энергия, которая сосредоточена на межфазной поверхности (границе раздела фаз) и необходима для образования единицы площади этой поверхности. Так и энергия разрушения твердых тел – она определяется энергией, необходимой для создания новой поверхности в процессе разрушения [3].

Для более детального понимания разберем эту ситуацию на примере ионных кристаллов, которые изучаются уже много лет и для которых детально изучены причины, обуславливающие все их физико-механические свойства. Мы же на основе этих веществ создали ряд специальных материалов для ракетостроения [4].

В настоящее время природа механических свойств ионных кристаллов изучена значительно лучше, чем каких-либо других кристаллов и твердых тел. Одна из причин хорошего понимания свойств ионных кристаллов – это простая природа химической связи, которая обуславливает их структуру и свойства. Другая заключается в том, что пластическую деформацию в этих кристаллах можно было изучать очень детально путем непосредственного наблюдения наличия и движения дислокаций в их структуре. Пластическое течение и хрупкое разрушение являются гетерогенными процессами, поэтому измерением только однородных механических параметров, таких, как напряжение, деформация и скорость деформации, невозможно достичь существенного понимания этих явлений. Для того чтобы правильно связать однородные параметры с явлениями атомного масштаба, необходимо иметь возможность изучать неоднородности (дислокации и трещины) сами по себе. Большой прогресс в этой области был достигнут еще в конце прошлого века [6]. Некоторые свойства ионных кристаллов обусловлены тем, что они состоят из локально заряженных ионов, однако большая часть механических свойств, имеет прямую аналогию со свойствами металлических и ковалентных кристаллов.

Силы связи в идеальном ионном кристалле являются исключительно электростатическими, так что наиболее устойчивыми структурами оказываются плотно упакованные решетки типа хлористого натрия или решетки типа хлористого цезия. Кроме того, так как силы связи зависят только от расстояния между ионами и не зависят от углов между соседями, упругие постоянные должны подчиняться соотношениям Коши для линейных деформаций [16].

Свойства щелочно-галогидных кристаллов изучены достаточно хорошо. Такие величины, как энергия связи и упругие постоянные, могут быть рассчитаны с приемлемой точностью из свойств атомов, составляющих эти кристаллы. Упругие постоянные являются наиболее важными механическими параметрами кристаллов, так как от них зависят все другие механические свойства. Например, у кристаллов с малым модулем упругости обычно трудно ожидать большого сопротивления пластическому течению.

Энергия кристаллической решетки определяется балансом сил притяжения и отталкивания ионов, образующих данную решетку. Основную часть энергии связи этих кристаллов составляет простое электростатическое взаимодействие между ионами, а изменение электростатической энергии при деформации дает основной вклад в модули упругости.

Стабильность структуры ионных кристаллов определяется балансом сил притяжения и отталкивания. Энергия отталкивания в ионных кристаллах возникает по двум причинам. Этими причинами являются силы отталкивания, которые появляются, когда электронные облака ионов начинают перекрываться при достаточно тесном сближении ионов друг с другом при формировании кристалла.

Первая причина заключается в том, что перекрытие электронных облаков должно приводить к уменьшению величины заряда отрицательного иона за счет каждого соседнего положительного иона, и наоборот. Этот эффект уменьшает притяжение между ионами при уменьшении расстояния между ними.

Вторая причина заключается в том, что при перекрытии электронных облаков уменьшается объем, в котором могут двигаться электроны. Согласно принципу неопределенности Гейзенберга, это означает, что кинетическая энергия электронов должна возрасти, и таким образом полная энергия системы стремится увеличиться, вызывая отталкивание ионов.

Существует довольно хорошее согласие между результатами полуэмпирической теории Борна-Майера, квантово-механической теории и экспериментальными данными энергии сил связи в щелочно-галогидных кристаллах, приведенных в работах [6, 12]. На рисунке 1 представлены эти данные в зависимости от обратной величины расстояния между ближайшими соседями в кристаллической решетке соответствующих галогенидов щелочных металлов.

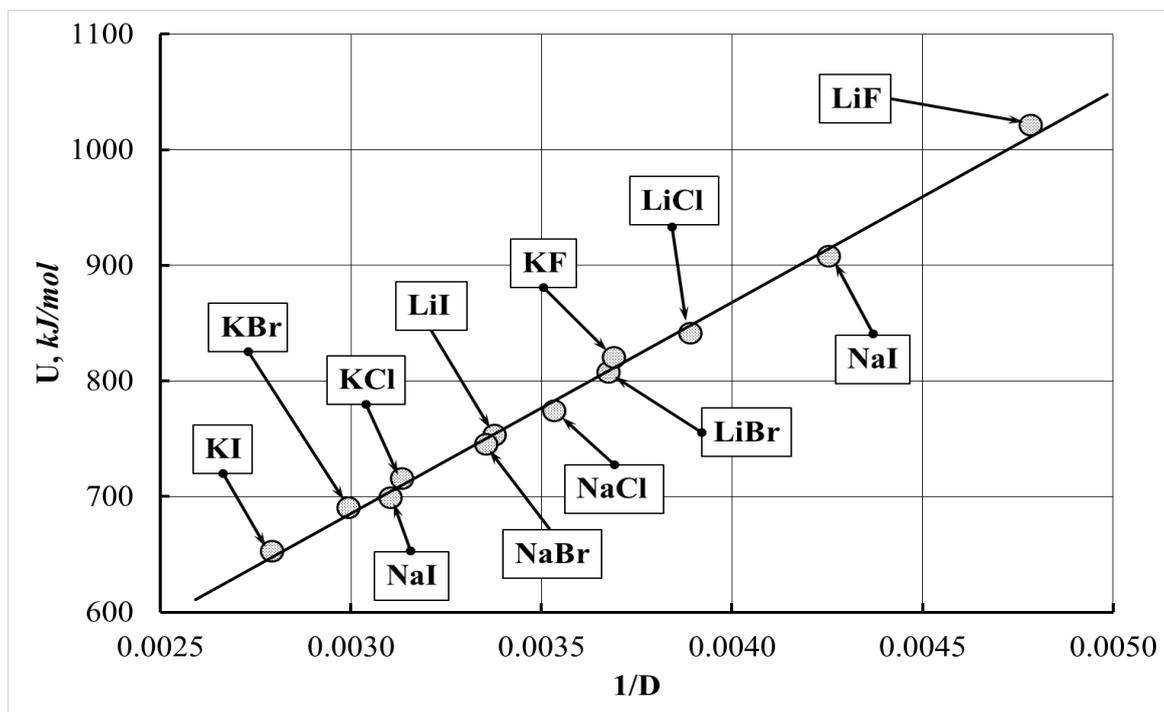


Рис. 1. Корреляция энергии сил связи щелочно-галогидных кристаллов [6, 12] от обратной величины расстояния между ближайшими соседями в кристаллической решетке ($D = r_{cat} + r_{an}$). Ионные радиусы взяты по шкале кристаллографических ионных радиусов в единицах pm [11].

Представленные на рисунке 1 данные указывают на существование хорошей обратно пропорциональной зависимости энергии сил связи от обратной величины расстояния между ближайшими соседями в кристаллической решетке. Если энергию электростатического взаимодействия одного иона U_i в ионном кристалле представить, как было указано в работе [13], в виде уравнения в соответствии с законом Кулона, то получим выражение:

$$U_i = (z_i e^2 / 4\pi\epsilon_0) \sum_{j \neq i} (z_j / r_{ij}) \quad (7)$$

где $r_{ij} = |r_i - r_j|$ – расстояния между ионами i и j ,

z_j – заряд иона j ,

e – заряд электрона,

ϵ_0 – электрическая постоянная.

При нормировке расстояния между ионами на величину расстояния между ближайшими противоположно заряженными ионами D (которое зависит от параметров кристаллической решётки, типа структуры кристалла и ионных радиусов структурных элементов), получим

$$U_i = (z_i e^2 / 4\pi\epsilon_0) \sum_i (z_i / (r_{ij} / D)) = (z_i e^2 / 4\pi\epsilon_0) M \quad (8)$$

где M – постоянная Маделунга.

Для кристаллической решётки типа NaCl, с зарядами ионов ± 1 и координационным числом 6, константа Маделунга имеет величину $M=1,747558$. Для

структур типа CsCl с координационным числом 8, она несколько выше и составляет величину $M=1,763$. Таким образом, для большинства галогенидов щелочных металлов должна соблюдаться обратно пропорциональная зависимость энергии сил связи от расстояния между ближайшими разноименно-заряженными ионами. Этот факт и наблюдается на рисунке 1.

Энергия сил связи является фундаментальной характеристикой, напрямую связанной с упругими постоянными и прочностными характеристиками кристаллов. Упругие постоянные можно грубо оценить следующим образом. Сила F , с которой один ион действует на другой, в зависимости от r (расстояния между ними) будет равна: $F = \frac{\partial U}{\partial r}$. Таким образом, напряжение будет примерно равно:

$$\sigma \sim \frac{1}{D^2} \frac{\partial U}{\partial r} \quad (9)$$

При этом дифференциал напряжения в зависимости от r будет иметь вид

$$d\sigma = \frac{dr}{D^2} \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} \quad (10)$$

Однако, дифференциал напряжения представляет собой величину

$$d\sigma = E d\varepsilon \quad (11)$$

где E — модуль упругости; $d\varepsilon = \frac{dr}{D}$ дифференциал деформации. Отсюда получаем итоговое соотношение для модуля упругости

$$E = \frac{1}{D} \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} \approx \frac{z_i e^2 M}{2\pi \varepsilon_0 D^4} = c \cdot D^{-4} \quad (12)$$

где $c = \frac{z_i e^2 M}{2\pi \varepsilon_0}$ — константа для близких по структуре и свойствам материалов.

Экспериментальные значения упругих постоянных для галогенидов щелочных металлов представлены в обзорах [13, 14, 15], и, частично, были измерены нами. На рисунке 2 представлены средние значения модулей упругости для кристаллов галогенидов щелочных металлов и аммония. Приведенные данные были полученные при комнатной температуре.

Представленные на рисунке данные могут быть аппроксимированы следующим выражением

$$E = a \cdot D^{-b} \quad (13)$$

Коэффициенты этого уравнения, рассчитанные по методу наименьших квадратов, имеют величину $a=3,00 \cdot 10^{16}$, $b=5,05$. Некоторое различие значений

показателя степени у расстояния между ближайшими соседями в кристаллической решетке, полученной теоретически и на основе экспериментальных данных, указывает на то, что теоретические выкладки были сделаны с некоторыми допущениями и не учитывают всей полноты факторов, оказывающих влияние на механические свойства кристаллов галогенидных солей.

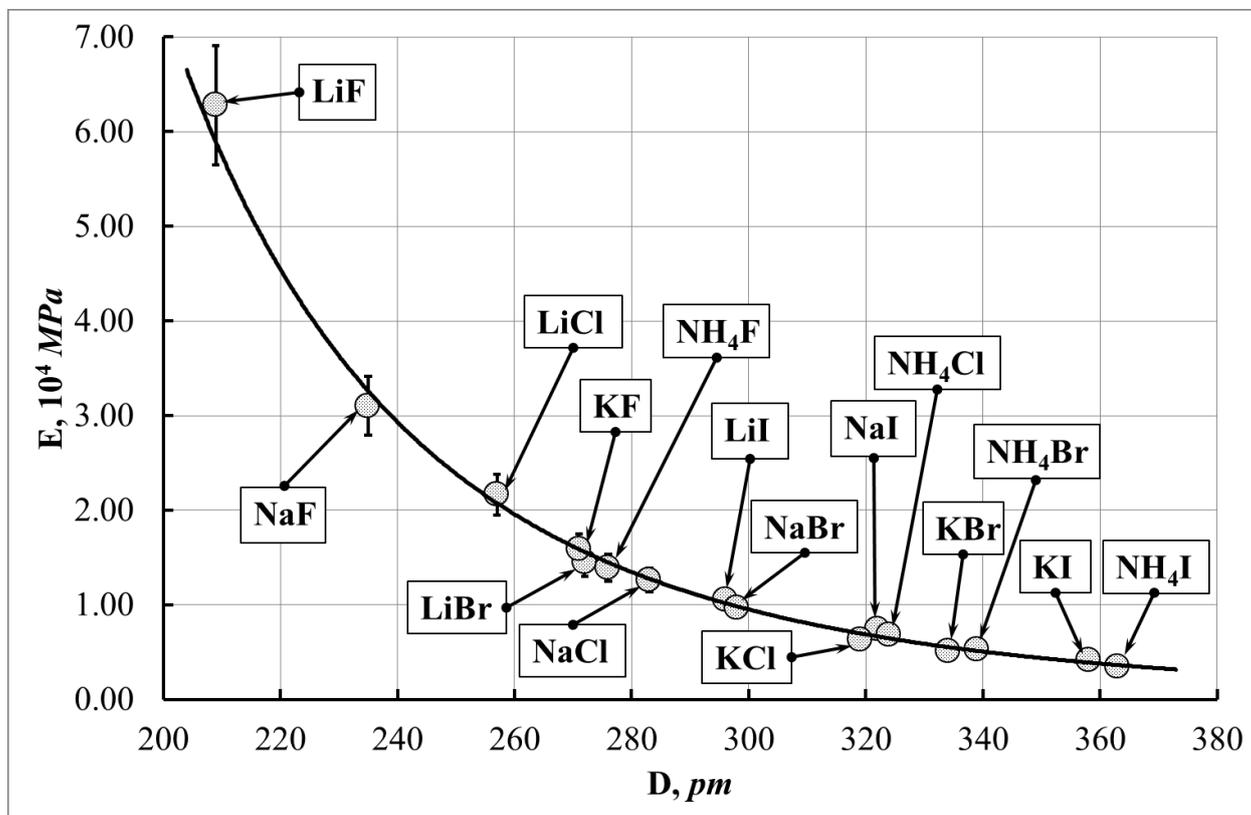


Рис. 2. Зависимость модуля упругости кристаллов галогенидных солей щелочных металлов и аммония в зависимости от расстояния между ближайшими соседями в кристаллической решетке ($D = r_{cat} + r_{an}$). Ионные радиусы взяты по шкале кристаллографических ионных радиусов в единицах пм [11].

Однако в целом данные результаты дают близкую тенденцию, так как различия в теоретических и экспериментально определенных показателях составляют примерно 20 % и не являются критичными. Поэтому на основе этих представлений можно уже делать определенные выводы в направлении предсказания поведения тех или иных веществ.

Эти экспериментальные наработки были использованы нами для создания особого класса композиционных материалов, которые обладают повышенной прочностью и одновременно легко разрушаются под действием воды. В результате анализа из огромного множества минеральных солей можно остановиться на двух их представителях. Такими подходящими солями являются хлориды натрия и калия. У этих солей достаточно хорошо изучены их механические и физические свойства, что дает хорошую перспективу для создания водоразрушаемых конструкционных материалов на их основе. Кроме того, результаты этих исследований дополнительно подтверждают наши сооб-

ражения относительно причин, определяющих прочность композиционных материалов и характер взаимодействия в адгезионных слоях.

Рассматривая вопрос изготовления водоразрушаемых конструкционных композитов на основе галогенидов щелочных металлов, необходимо остановиться на их механических и физико-химических свойствах. Механическим свойствам кристаллов галогенидов щелочных металлов, и в частности хлорида натрия, посвящено много работ. Еще А.Ф. Иоффе в своей работе [5] подробно обсуждал механические свойства хлорида натрия. Он обратил внимание на тот факт, что в наибольшем противоречии с предсказаниями электрической теории кристаллических решеток оказывается прочность твердых тел. Максимальную величину связи в кристаллах NaCl на основании теории кристаллических решеток получается порядка 3000 МПа для случая всестороннего растяжения. Одностороннее растяжение при комнатной температуре должно дать около 2000 МПа. Однако, экспериментально установленная прочность кристаллов NaCl на растяжение в среднем составляет всего 4,3 МПа. Понижение условий эксперимента до температуры жидкого азота ($-195,75\text{ }^{\circ}\text{C}$) не влияет заметным образом на прочность каменной соли. Также она практически не изменяется при нагреве до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Рис. 3).

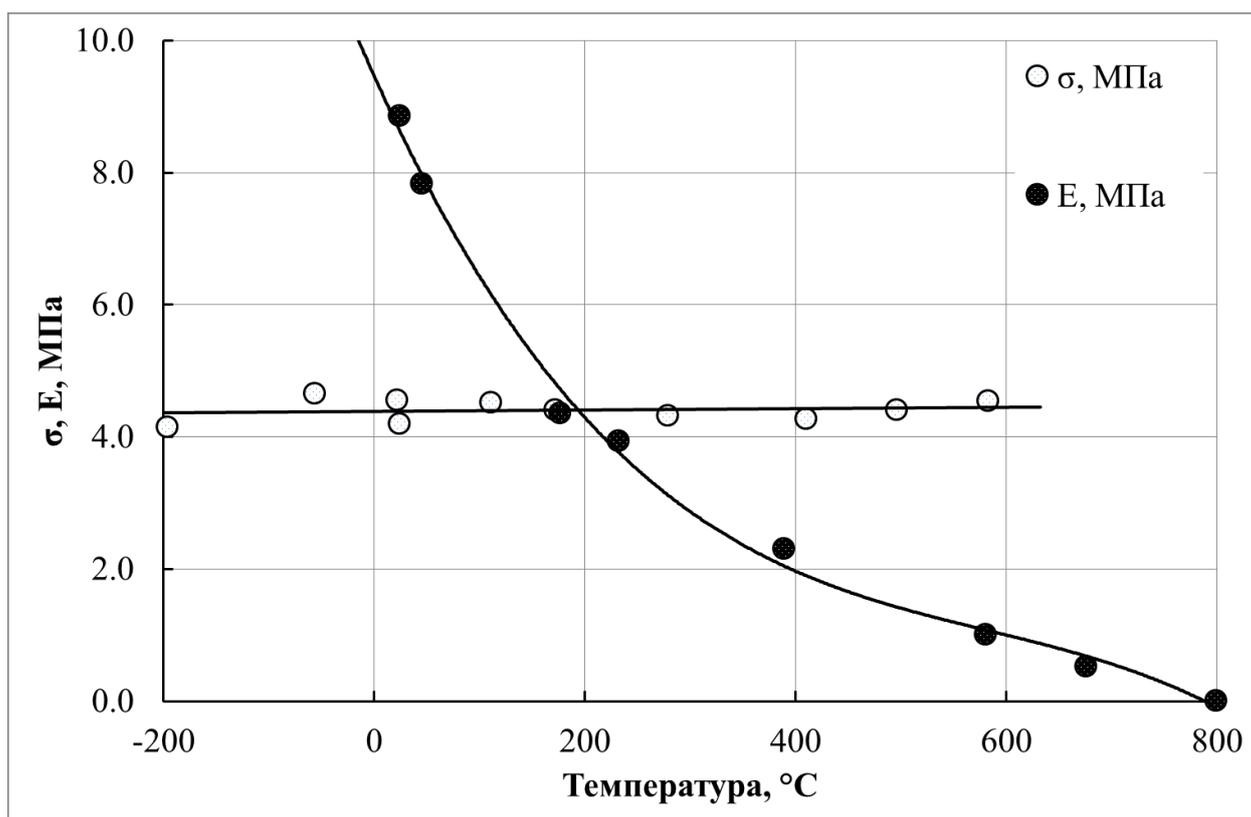


Рис. 3. Температурная зависимость предела прочности (σ) и модуля упругости (E) кристаллов NaCl [5].

Следует обратить внимание на то, что в реальных материалах прочность измерялась не на одиночных кристаллах, а на кристаллических композициях. Это объяснялось тем, что при $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ предел упругости кристалла падает до 4,3 МПа, т.е. равен пределу прочности. Таким образом, при температурах

выше 200 °С предел упругости оказывается ниже предела прочности. При увеличении нагрузки, вначале достигается предел упругости, и начинается пластическая деформация, нарушающая решетку кристалла. Как было обнаружено еще Иоффе А.Ф., процесс пластической деформации значительно увеличивает прочность кристалла [5].

Прочность одиночных кристаллов на растяжение примерно в 500 раз меньше, чем вычисленный максимум для сил сцепления, и разрыв наступает прежде, чем может быть замечено существенное отклонение от закона Гука. Даже пластически деформированные кристаллы обладают в 40 раз меньшей прочностью, чем следовало бы ожидать. Наблюдаемый разрыв, при растяжении не имеет ничего общего с истинной прочностью. Можно легко понять, что постепенный частичный разрыв требует гораздо меньшей силы, чем разрыв одновременно по всему поперечному сечению. Допустим, например, что на боковой поверхности растянутого стержня существует малая, но очень резкая трещина. Распределение усилий будет таково, что на краю трещины усилие будет чрезвычайно концентрированным. Если радиус кривизны дна трещины достаточно мал, отношение усилия у края трещины к среднему усилию на все поперечное усилие может оказаться весьма большим, что имеет место в реальном кристалле.

Если этим объясняется малая прочность кристаллов на растяжение, то, очевидно, что состояние поверхности, с которой начинаются надрыв и разрушение образца, должно играть существенную роль: в таком случае необходимо найти еще объяснение тому факту, что наблюдаемая прочность на растяжение постоянна в пределах 10%. Влияние состояния поверхности на прочность каменной соли впервые было показано в [7]. Прочность кристаллов каменной соли зависит не только от ориентации усилия, но и от ориентации внешних поверхностей, ограничивающих кристалл.

А.Ф. Иоффе с сотрудниками обнаружили эффект, который в дальнейшем получил его имя [5, 8, 9]. Ими было обнаружено, что прочность кристаллов каменной соли значительно возростала при их погружении в горячую воду. Предел прочности возростал до 300 и даже до 1600 МПа. Эти значения уже близко подходят к теоретической прочности 2000 МПа. Прежде чем наступал разрыв, достигался предел упругости, соответствующий при комнатной температуре 9 МПа, и в момент, когда происходил разрыв, кристалл оказывался пластически деформированным. Измерявшаяся прочность была, таким образом, не прочностью одиночного кристалла, а прочностью поликристаллического образования. Тем не менее, этот результат является существенным, ибо он показывает, что внутренняя прочность каменной соли не меньше 1600 МПа, и кристаллы каменной соли могут выдержать подобные усилия.

Действие воды и эффекта растворения А.Ф. Иоффе видел в следующем. При растворении соли в воде изменяется ее поверхность. Растворение поверхности влечет за собой удаление поверхностных трещин и поверхностных дислокаций, на которых возникают локальные перенапряжения, ведущие к разрыву. Удалив дефекты растворением, можно нагрузить кристалл до

напряжений, превышающих его хрупкую прочность, и довести их до значений, соответствующих пределу упругости. При достижении напряжений, соответствующих пределу упругости, наступает пластическая деформация, сопровождающаяся большим упрочнением материала. Растворение ведет к повышению величины хрупкой прочности до значения, соответствующего величине предела упругости. А повышенная пластичность соли в воде является следствием возможности перевода ее пластичности выше предела упругости в условиях эксперимента [9].

Поверхностные условия не оказывают большого влияния на подвижность дислокаций – фактор, который является основой проявления пластичности. Было обнаружено [10], что предел текучести кристаллов NaCl не чувствителен к поверхностным условиям, а напряжение, требуемое для движения дислокации в кристалле NaCl, не зависит от выдержки на воздухе, в воде и в масле [6]. Обработка поверхности влияет на наклон диаграммы напряжение-деформация в области деформационного упрочнения [10]. Важным выводом является то, что эффект Иоффе является следствием устранения больших поверхностных дефектов путем растворения кристалла. Если кристалл, предварительно смоченный, тщательно высушить, не дав ему реагировать с воздухом, он остается пластичным почти неограниченно долго. С другой стороны, если в массе присутствуют твердые частицы, то они могут быть центрами возникновения трещин в кристалле [6].

Эффект Иоффе также был нами использован при разработке водоразрушаемых конструкционных материалов. При этом эффект был дополнительно усилен за счет введения в состав композиции дополнительных веществ, которые выступают как поверхностно активные вещества, создавая на поверхности кристаллов соли защитную пленку. Также были введены добавки, которые изменяют свойства водно-солевых растворов, регулируя процесс кристаллизации соли при выпаривании ее растворов.

Завершая эту статью, необходимо подчеркнуть, что прочность материалов, в том числе и адгезионных контактов, не определяется деформациями, возникающими при механическом нагружении материалов. Внутренние напряжения и деформации определяются исключительно силами межатомных и межмолекулярных взаимодействий. Описанный выше эффект А.Ф. Иоффе однозначно подтверждает этот факт.

Список литературы

1. Кудрявцев П.Г., Фиговский О.Л. Прогнозирование прочностных характеристик адгезионных соединений в дисперсных системах, Журнал «НБИКС-технологии», 2017, т. 1, №1, с.96-121.
2. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. М., Химия, 1974.
3. Woodruff D.P. Ed. Surface Alloys and Alloys Surfaces. Ser.: The Chemical Physics of Solid Surfaces, Vol. 10, P. 1-536, 2002. ISBN: 978-0-444-51152-2
4. Кудрявцев П.Г., Журавлев С.Г., Ботов В.А., Клячкин Ю.С., Лавров Л.Н., Иванова О.П., Новгородцева М.М., Шафит Я.М., Леонов А.А., Радушев А.В., Бегиев В.П.

- Композиция для изготовления водорастворимых формообразующих изделий, А.С. СССР № 1696097 по заявке № 4634416/33 от 9.01.89, опубли. Б.И. №45 от 07.12.91.*
5. Иоффе А. Ф. *Избранные труды. Том I. Механические и электрические свойства кристаллов.* Изд-во «Наука», Ленингр. отд., Л. 1974, стр. 1-327.
 6. Гилман Дж., *Механические свойства ионных кристаллов, УФН, 80, вып.3, с.455–503, 1963.*
 7. *Joffe A., Lewitzky M. Zeitschrift fur Physik. Bd. 35. S. 442. 1929*
 8. Фурман А.А., Бельды М.П., Соколов И.Д. *Поваренная соль. Производство и применение в химической промышленности, М.: Химия, 1989, 272 с.*
 9. *Schmid B., Voas W., Crystal Plastisity, Springer, Berlin, 1936 (см. перевод: Б. Шмид, В. Боас, Пластичность кристаллов, в особенности металлических, М., 1938).*
 10. Бугаенко Л.Т., Рябых С.М., Бугаенко А.Л. *Почти полная система средних ионных кристаллографических радиусов и ее использование для определения потенциалов ионизации, Вестник Моск. Ун-та. Сер. 2. Химия, т. 49, №6, с.363.*
 11. Займан Дж. *Принципы теории твердого тела. — М.: Мир, 1974. — 472 с.*
 12. *Hearmon R.F.S., Rev. Mod. Phys. 18, 409 (1946).*
 13. *Hearmon R.F.S., Advanc. Phys. 5, 323 (1956).*
 14. *Huntington H.B., Solid State Phys. 7, 213 (1958) (см. перевод: Г. Хантингтон, УФН 74, 303 и 461 (1961)).*
 15. Фурман А.А., Шрайбман С.С. *Приготовление и очистка рассола, М., «Химия», 1966, 232 с.*
 16. *Slaughter W.S. The Linearized Theory of Elasticity, Springer, 2002, 512 p. ISBN: 978-1-4612-6608-2.*

Библиографическая ссылка: Кудрявцев П.Г., Фиговский О.Л. К вопросу о причинно-следственных взаимоотношениях, определяющих прочность адгезионных связей. Ответ академику Берлину А.А. // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 174-185

Article reference: Kudryavtsev P.G., Figovsky O.L. To the Question of Causal Relationships, Determining the Strength of Adhesive Joints. The Answer to Academician A. A. Berlin // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 174-185

Адгезия и адгезионная механика

Турусов Р.А.

*Главный научный сотрудник, профессор, Россия, Москва,
Институт химической физики Российской академии наук, МФТИ, МГСУ
rob-turusov@yandex.ru*

*«Науки, которые не родились из эксперимента,
этой основы всех познаний,
бесполезны и полны заблуждений»
/ Леонардо да Винчи. (1452-1519).*

Аннотация. Всякая практически важная теория призвана объяснять и описывать экспериментально обнаруженные явления и зависимости. Научившись моделировать, теория обретает некоторую возможность предсказания. Если теория это делать не может, она остается, в лучшем случае, любопытным. Один из таких разделов в науке – адгезия – наука о прилипанию и склеивании. В ней есть теории, но нет их практического применения. Однако клеевые технологии в настоящее время активно внедряются в различные области переработки материалов, способствуя совершенствованию процессов и повышению качества изделий. Адгезия – явление установления обладающих энергией связей между адгезивом и субстратом. Энергия этих связей и их плотность на поверхности контакта определяет интенсивность адгезионного взаимодействия. Полагаем, что плотность адгезионных связей значительно меньше (скорее всего, на порядки) плотности атомов на единицу площади контакта. Т.е. они сравнительно редки и их можно представить в виде щетки из упругих стерженьков-связей, перпендикулярных поверхности контакта. Они не касаются друг друга и представляют собой анизотропный слой, в котором нет напряжений, перпендикулярных поверхности стерженьков. У него есть толщина h^* , модуль упругости E^* вдоль стержней и модуль сдвига G^* в плоскости контакта. Для такой анизотропной сплошной среды $G^*=E^*/2$. Этими величинами определяется интенсивность адгезионного взаимодействия. Зачем нужна адгезионная механика? – В настоящее время адгезионное взаимодействие характеризуют единственным параметром – адгезионной прочностью. Она представляет собой отношение измеренной в опыте разрушающей склейку нагрузки к измеренной площади склейки. (Это все, что мы умеем.) Она является средней адгезионной прочностью. Однако эта величина оказывается сложной функцией геометрических параметров испытываемых образцов и физических параметров опыта. Стандартизация испытаний не ликвидировала проблему. А тем более по отношению к науке. Необходим расчет напряжений. Однако строгие решения приводят к сингулярности касательных напряжений в угловых точках. Но в реальности они там нулевые. Причина в отсутствии характеристики взаимодействия адгезива с субстра-

том – его считают абсолютным. Построенная на предлагаемых здесь представлениях теория позволила решать задачи о концентрации напряжений вблизи краев, строго удовлетворять всем граничным условиям, использовать физически ясные критерии разрушения адгезионных моделей. Она позволяет вырабатывать методы определения из макроэкспериментов истинной адгезионной прочности, характеризующей прочность связи данной пары адгезив – субстрат вне зависимости от геометрии образцов, а также методы определения новой необходимой характеристики – интенсивности адгезионного взаимодействия. Здесь будут приведены основы теории, ряд экспериментальных результатов и их объяснение с помощью предлагаемой теории адгезионного взаимодействия.

Ключевые слова: адгезия, адгезив, субстрат, интенсивность адгезионного взаимодействия, концентрация напряжений, контактный слой, адгезионная механика.

UDC 539.3+539.61

The Adhesive Interaction and Adhesion Mechanics

Turusov R.A.

Chief researcher, professor, Russia, Moscow,

Institute of chemical physics of the Russian Academy of Sciences, MIPT, MGSU

rob-turusov@yandex.ru

Abstract. Every theory of practical importance is intended to explain and describe phenomena and dependences that have been found experimentally. Having learnt to model, the theory acquires a certain predicting ability. If a theory is not capable of that, it has to remain philosophy at best. Adhesion - a branch, dedicated to sticking and glueing - is one of such sciences. It contains theories without real-world application. But, nowadays adhesive technologies are being implemented in various branches of materials treatment, helping to improve process and product quality. Adhesion is the process of energetic bond formation between adhesive and substrate. The intensity of the adhesion interaction is determined by the energy of these bonds and their density throughout the contact surface. We presume that the density of the adhesive bonds is significantly (probably several magnitudes) less than the density of the atoms per unit area of the contact. I.e. they are comparatively rare and can be submitted in a form of brush made of elastic pins-bonds (links), normal to the contact surface. They don't touch each other and form an anisotropic layer without strains that are normal to the surface of the pins. It has thickness h^* , modulus of elasticity E^* along the pins and shear modulus G^* coplanar with the contact surface. For such an anisotropic continuous medium $G^* = E^*/2$. These are the parameters the intensity of the adhesive interaction is determined by. What for

has the adhesive mechanics been created? - Nowadays the adhesive interaction is characterised by only one parameter – that is adhesive strength. The experimentally measured destructive load is divided by joint area and that's how it's received (and that's all we are capable of). It is called average adhesive strength. But it's at the same time a complex function of geometrical parameters of samples used in a trial – and the conditions of the trial. Testing regulation hasn't solved the problem, particularly for scientific field. There's a strong need of strain calculation – although strict solutions lead to singularity of tangential stress values in corners - while in reality they are equal to zero. The interaction between adhesive and substrate is not characterised – and that is the root cause. This interaction is regarded as absolute. Created in accordance with proposed ideas, this theory has allowed to strictly meet all the boundary solutions, to use physically clear criteria of adhesive joint destruction and to elaborate the methods of calculation of true adhesive strength from macroexperiments (which is the characteristic of the strength of the given adhesive-substrate pair not withstanding the geometry of samples) and the methods of determination of new necessary characteristic – the intensity of the adhesive interaction. The backbone of the theory, a number of experimental results and their explanation with the help of the proposed theory of adhesive interaction intensity is represented below. Interaction between different rigid substrates with polymer adhesives is particularly concerned.

Keywords: adhesion, adhesive, substrate, the intensity of the adhesive interaction, stress concentration, contact layer, mechanics adhesion.

Адгезия и адгезионная механика

Физика создана благодаря лишь двум умениям человека – умению считать: один, два, три, и т.д., и умению измерять длину. Все остальное в ней – плод ума. В проблеме адгезии сложилась очень похожая ситуация. При оценке качества адгезионного соединения мы в состоянии измерить лишь два параметра – площадь склейки и силу, разрушающую эту склейку. Далее, по аналогии с материалами, относят разрушающую нагрузку к площади склейки и полученную величину, например, средних касательных напряжений $\tau = P_{разр}/S$ именуют адгезионной прочностью при сдвиге. Это средняя адгезионная прочность. Но, как известно, эта величина является сильной функцией геометрических параметров образца и физических параметров опыта (например, температуры). На рисунках 1 и 2 для примера приведены схемы образцов и экспериментальные результаты испытаний этих образцов на сдвиг – выдергивание волокна из эпоксидной матрицы (pull out) и соединения типа «нахлестка» [1, 2]. Результаты представлены, как зависимость указанного выше отношения разрушающей нагрузки к площади склейки от геометрических параметров образца и температуры. Из графиков видно, что эти зависимости не позволяют указать конкретное значение прочности адгезионной связи субстрата с адгезивом.

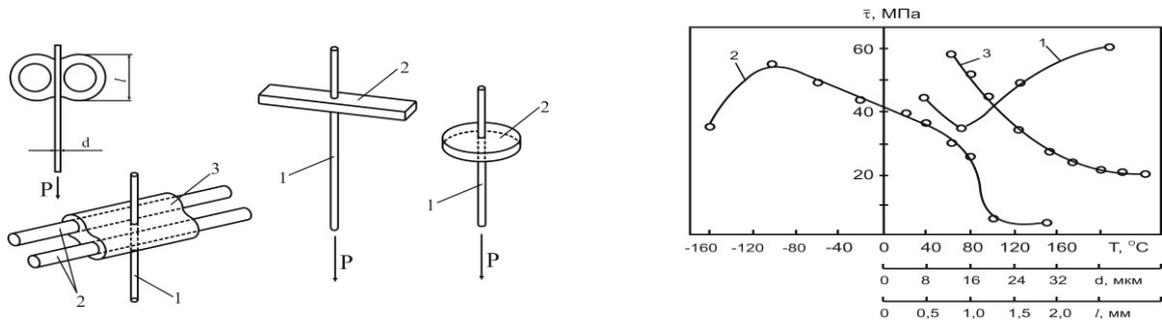


Рис. 1. Образцы для испытаний и экспериментальные зависимости τ при выдергивании волокна из полимерной эпоксидной матрицы ЭДТ-10 от диаметра стеклянного волокна - (1) и температуры - (2), длины склейки (стальная проволока) - (3).

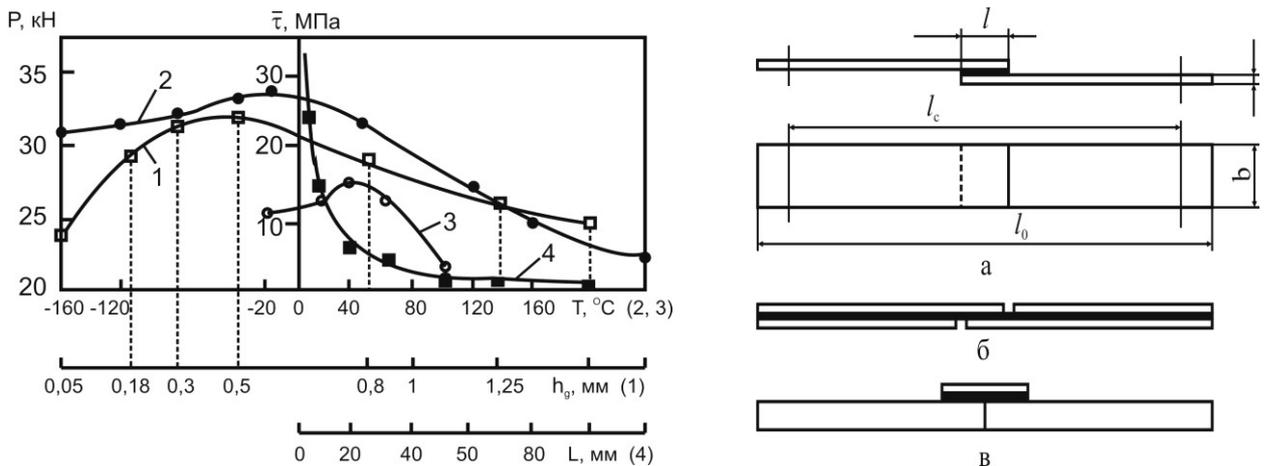


Рис.2. Образцы и экспериментальные результаты испытаний на сдвиг соединения пластин внахлестку: 1 – Зависимость разрушающей нагрузки P_b от толщины клеевого шва h_g , сталь-наполненный эпоксидный клей «Аральдит»; 2,3 – зависимость от температуры испытаний, субстрат – алюминий, адгезив – эпоксидно-полиамидный и наполненный ЭПЦ-1 клеи соответственно; 4 - зависимость τ от длины склейки (стекло – эпоксид).

Аналогичные результаты испытаний на нормальный отрыв приведены на рис. 3.

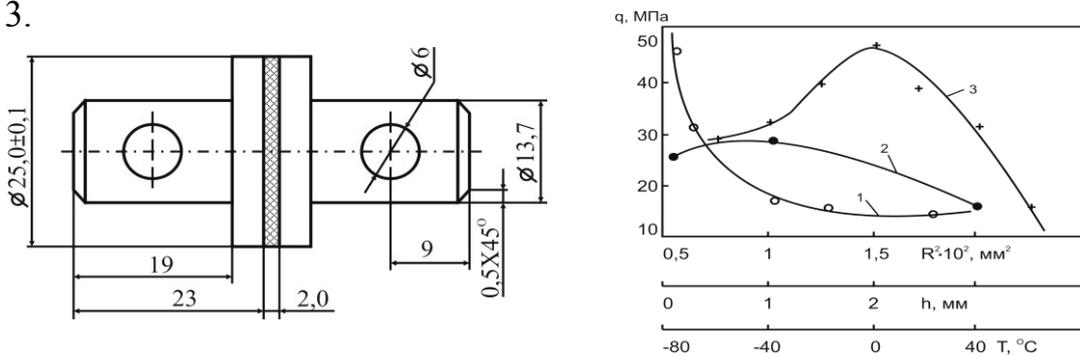


Рис. 3. Адгезионные испытания на нормальный отрыв. Образец и экспериментальные зависимости средней прочности 1 - от радиуса контактирующих поверхностей; 2 - от толщины слоя адгезива; 3 - от температуры испытаний.

Регламентация испытаний, т.е. разработка стандартов на размеры образцов для некоторых методов создала возможность относительной оценки качества того или иного адгезива. Информативность испытаний возросла. Однако

полностью решить проблему оценки качества клеев таким образом не удалось. Во-первых, потому, что не все размеры в адгезионном соединении можно регламентировать. Например, толщина клеевого слоя может меняться при переходе от одного адгезива к другому даже в одинаковых условиях его формирования. Во-вторых, что более существенно, в этом случае адгезивы оценивают только при одних размерах модели, а на практике они будут применяться для склеивания деталей различных размеров и форм. По отношению к ним вынесенное из стандартных испытаний суждение может оказаться ошибочным.

Дело в том, что обычно физико-механический анализ поведения твердых тел начинается с экспериментального исследования простейшего случая *однородного* напряженного состояния, создаваемого, например, при растяжении или сдвиге материала. Адгезионные исследования, в частности, адгезионная механика всегда имеет дело с существенно неоднородным распределением напряжений по площади контакта адгезива с субстратом. Убедительный пример распределения касательных напряжений вблизи границы склейки приведен на рис. 4 из работы [3].

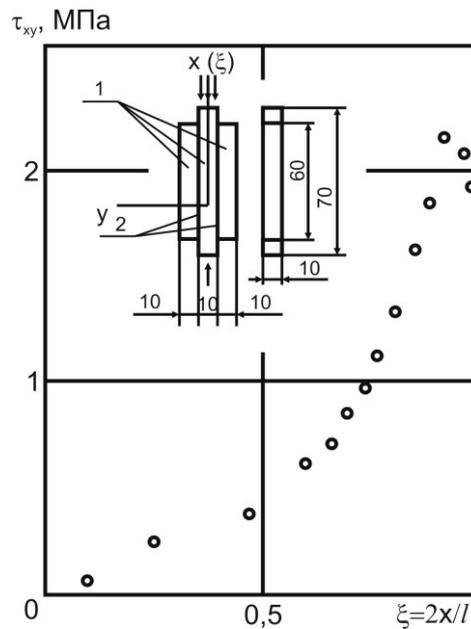


Рис.4. Экспериментальная кривая распределения на границе раздела касательных напряжений в модели из трех склеенных стеклянных стержней (1 – стеклянные стержни, 2 – клеевой слой). Метод фотоупругости.

Этот факт определяет сложность задач адгезии адгезионной механики и является главной причиной существенного отставания теории от широко поставленных (в связи с практическими потребностями) экспериментальных исследований. Таким образом, одной из насущных задач адгезии является определение прочности адгезионной связи – *истинной адгезионной прочности*, не зависящей от геометрии образца и определение *интенсивности адге-*

зионной связи. Они вместе однозначно характеризуют качество адгезионной связи данной пары адгезив – субстрат.

Следует сразу отметить, что практически все модели, применяемые для исследования клеевых (адгезионных) соединений, являются микро- или макромоделями композиционных материалов, в создании которых роль адгезии является определяющей. Поэтому здесь будет применяться термин «адгезионное соединение», как более общий. Кроме того, в отличие от большинства задач теории упругости и сопромата, в которых по принципу Сен Венана края моделей исключаются из рассмотрения, в задачах адгезионной механики все проблемы в значительной степени определяются краевыми эффектами – концентрацией напряжений [1-4].

На вопрос, что такое адгезия, можно ответить так. Это явление или процесс установления некоторых связей, обладающих конечной энергией разрыва между адгезивом (клеем, матрицей) и субстратом. Допустим, что мы можем регулировать плотность этих связей. Например, при плотности связей $n_{p1}=10^{14}/\text{см}^2$ это будет означать, что задействован примерно каждый десятый атом поверхности субстрата с противоположащим ему атомом адгезива. Такая среда будет обладать модулем Юнга E^* вдоль связей и модулем сдвига G^* , характеризующим связь между деформацией сдвига γ в плоскости контакта и напряжением сдвига $\tau = G^* \gamma$. Если мы задействуем каждый сотый атом, то плотность связей станет равной примерно $n_{p2}=10^{12}/\text{см}^2$. Тогда и модуль Юнга E^* и модуль сдвига G^* контактного слоя также уменьшатся на два порядка. Вот таким образом мы можем воздействовать на адгезионное взаимодействие и его интенсивность. Величина этого взаимодействия может меняться в диапазоне нескольких порядков. Адгезионное взаимодействие тесно связано со смачиванием.

Представим себе эти связи в виде коротких длиной h^* упругих стерженьков перпендикулярных поверхностям субстрата и адгезива. Стерженьки, поскольку они редки, не касаются друг друга (рис.5). Таким образом, стерженьки-связи создают некоторый слой толщиной h^* анизотропной сплошной среды, который можно назвать контактнм или пограничным слоем. В такой среде заведомо отсутствуют нормальные напряжения, перпендикулярные «боковой» поверхности стерженьков. Модуль сдвига такой анизотропной среды связан с модулем Юнга вдоль связей простым соотношением $G^* = E^*/2$

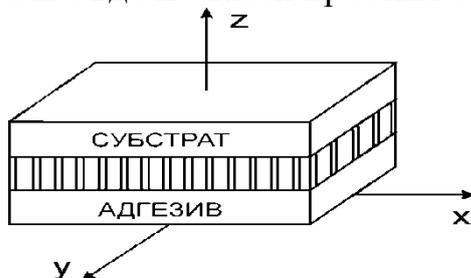


Рис. 5. Схема контактного слоя

Предлагаемая теория [1], названная адгезионной механикой, опирается на представление о существовании между адгезивом и субстратом описанного контактного слоя.

Работы, посвященные методу контактного слоя в адгезионной механике (вначале автор называл его пограничным слоем) начались в Советском Союзе в начале семидесятых годов (например, [11-18]) и продолжаются в настоящее время [1, 2, 6-8, 19, 20]. На Западе первые работы по характеристике адгезионного контакта появились лишь в девяностые годы [21-26]. В основном, это сдвиговая пружинная модель наподобие винклеровского основания.

Например, краевому эффекту вблизи разрыва (торца) волокна в композите посвящено довольно много работ различных авторов (ссылки в работах [3-5]). Но в них практически не исследовалась роль адгезионного взаимодействия, поскольку оно в этих работах никак не характеризовалось, а по умолчанию полагалось абсолютным [9, 10]. Последнее означает, что на границе выполнялись лишь фундаментальные требования непрерывности векторов перемещений и напряжений, т.е. требования сохранения сплошности и выполнение третьего закона Ньютона. В этом случае с неизбежностью получаются решения, в которых касательные напряжения в угловых точках устремляются к бесконечности, т.е. проявляется так называемая сингулярность. Применение физически оправданных критериев прочности в этих условиях становится практически невозможным.

В частности, модель многочисленных и регулярных предразрушений волокна в полимерной пластинке при растяжении. Это модель армированного полимера (модель Каргина-Малинского). Она испытана методом фотоупругости, рассчитана методом контактного слоя и объяснена в работах автора с сотрудниками [14-17] экстремальным распределением растягивающих напряжений в волокне вблизи края волокна вследствие симметричного изгиба модели композита. Кроме того, в этих работах показано, что число разрывов волокна перед разрушением модели как целого экстремально зависит от температуры испытаний. Подобное исследование проведено через двадцать лет в работе [26] с привлечением пружинной модели и при постоянной температуре.

В результате применения гипотезы об описанном выше анизотропном контактом слое создана теория [1], которая способна:

1. Рассчитать существенно неоднородные поля напряжений и деформаций в адгезионных соединениях, включая концентрации напряжений.
2. Удовлетворить всем граничным условиям, в отличие от строгих решений, например, по теории упругости, когда в угловых точках на свободных от нагрузок поверхностях, вопреки условию задачи, получаются бесконечные, а не нулевые значения касательных напряжений (сингулярности).
3. Теория опирается на достижения предшественников. Она довольно проста и позволяет некоторые упрощения вплоть до одномерных задач, решения которых получаются обычно в виде конечных формул без привлечения численных методов.
4. Она способна учитывать технологические напряжения, создаваемые клеем (адгезивом) при усадке или изменении температуры модели.

5. Она позволяет использовать физически ясные критерии разрушения адгезионных соединений, например, по достижении максимальным касательным напряжением критической величины, которую можно называть прочностью адгезионной связи при сдвиге.
6. Предлагаемая теория имеет возможность прямого сопоставления расчетов с результатами экспериментов. Это означает, что результаты расчетов могут быть представлены в виде зависимостей измеряемой в опыте средней адгезионной прочности от различных параметров модели и опыта.
7. Теория вводит наряду с адгезионной прочностью параметр жесткости контактного слоя, который характеризует интенсивность адгезионной связи и влияет на величины и характер распределения напряжений на границе и во всех компонентах модели.
8. Теория объясняет и описывает экспериментально обнаруженное явление синергизма упругих характеристик (модуля Юнга) тонких прослоек адгезива и слоистых структур.
9. Теория позволяет довольно легко из макроэкспериментов по измерению средней адгезионной прочности определять истинную прочность адгезионной связи и жесткость контактного слоя.
10. К описанию релаксационных процессов в тонких прослойках адгезива с учетом концентрации напряжений применимо нелинейное дифференциальное уравнение связи, полученное Г.И.Гуревичем [1, 2, 27] в результате рассмотрения молекулярного механизма деформирования конденсированных сред.
11. Результаты расчетов качественно совпадают с экспериментальными данными.

Эта теория применима к решению ряда проблем смежных наук. В частности, она привлечена к решению проблемы секвенирования (определения структуры) молекулы ДНК и взаимодействия энзима с молекулой ДНК [1].

Здесь мы ограничиваемся решением задач механики адгезии в простейшей – одномерной постановке. Как показали прямые сопоставления [1, 2], отличие этих результатов от строгого решения не превышает десяти процентов. Но получаемые формулы компактны, обозримы и информативны. Они всегда сопоставлялись с экспериментом. Во всех приведенных здесь решениях обнаруживается единый параметр G^*/h^* , названный интенсивностью адгезионного взаимодействия или иначе – жёсткостью контактного слоя. А метод решения задач о напряженно-деформированном состоянии подобных слоистых структур получил название *метода контактного слоя*. Основным выводом теории явился вывод о недостаточности одной лишь адгезионной прочности для характеристики адгезионного взаимодействия. Наряду с ней предлагается ввести понятие интенсивности адгезионного взаимодействия G^*/h^* . Предложены методы определения из макроэкспериментов истинной адгезионной прочности и интенсивности адгезионного взаимодействия. В работе [1] приведены в сопоставлении с экспериментом решения основных за-

дач по оценке адгезии и распределении напряжений по границе склейки. В последующих работах [28-32] получены решения задач методом контактного слоя в применении к изгибу многослойных пластин и к совместной работе слоистых цилиндров в упругой и неупругой постановках.

Здесь приводятся результаты работ, которые можно отнести к *физике напряженного состояния материалов* [6, 7, 19, 20]. В этих задачах решения получены в замкнутом виде, т.е. в виде обозримых аналитических формул.

Первая работа [6, 7] – экспериментальное и теоретическое исследование синергизма термоупругих характеристик многослойных структур и тонких полимерных прослоек. В ней обнаружено в эксперименте и объяснено, благодаря решению соответствующих задач методом контактного слоя, например, явление многократного возрастания модуля Юнга тонких полимерных прослоек и слоистых структур по сравнению с ожидаемыми при расчетах по широко применяемым формулам смеси. Показано, что уменьшение размеров наполнителя (пластин жесткого субстрата) убирает синергизм. Интенсивности адгезионного взаимодействия G^*/h^* здесь принадлежит одна из решающих ролей. На этой модели демонстрируется и синергизм коэффициента линейного температурного расширения вкупе с температурными напряжениями слоистой структуры, а также особенности трактовки результатов испытаний адгезионных соединений при нормальном отрыве. В последнем случае разрушение модели часто происходит из-за касательных напряжений, и лишь в случае сравнительно малых поперечных сечений образца разрушают его нормальные растягивающие напряжения.

Вторая работа об определении параметров контактного слоя – истинной прочности адгезионной связи $\tau_{ad} = \lim_{s \rightarrow 0} P_b/S$ и интенсивности адгезионного взаимодействия G^*/h^* (жесткости контактного слоя) из макроэксперимента на примере испытаний адгезионного соединения на сдвиг («нахлестка»).

Эксперимент

Был проведен следующий эксперимент. Одновременно изготавливались три стержня, с одного «замеса» первоначально жидкого эпоксидного отвердителя. Первый стержень из эпоксидной смолы – образец свидетель. Вторым стержнем – составной стержень состоял из трех последовательно соединенных стержней (как вагоны в поезде): стальной-эпоксидный-стальной. Длина стальных стержней 42,5 мм, длина расположенного между ними эпоксидного стержня 15 мм. Сечения стержней одинаковы 10x10 мм. Относительные доли полимера и стали в таком составном стержне 15 и 85 %. Третий стержень представлял собой многослойную структуру (слои расположены перпендикулярно продольной оси) из чередующихся слоев стали толщиной 1,4 мм и слоев того же эпоксидного полимера толщиной 0,25 мм. У этого стержня относительные доли полимера и стали составили те же 15 и 85 % (рисунок 4).

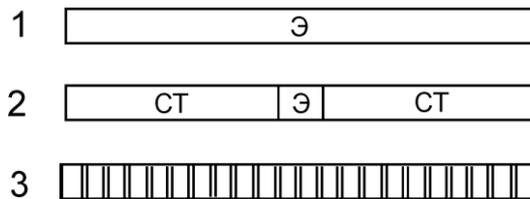


Рисунок 4. Стержни в опыте: 1- эпоксидный стержень; 2- составной стержень (сталь-эпоксид-сталь); 3 - слоистый стержень сталь-эпоксид.

По мере отверждения эпоксидного полимера у всех трех стержней измерялся модуль Юнга (квазистатическим методом) при малых нагрузках. На рисунке 5 представлены результаты измерения модуля Юнга обеих стержней: составного (кривая 1) и слоистого (кривая 2) – в зависимости от модуля Юнга полимера, измеренного в те же моменты времени на стержне из чистого эпоксида (стержень 1 на рис. 4), т.е., предположительно, при той же глубине реакции отверждения эпоксида. Из рисунка виден существенно различный ход кривых 1 и 2. Вначале, при малых величинах модуля Юнга полимера, результаты, полученные на обоих стержнях, совпадают, а затем начинают расходиться. Модуль Юнга с тонкими полимерными прослойками начинает резко возрастать (кривая 2), во много раз превышая модуль трехсекционного стержня (кривая 1). При этом ход кривой 1 для трехсекционного стержня хорошо описывается известной формулой смеси для модуля Юнга поперек слоев (см. далее).

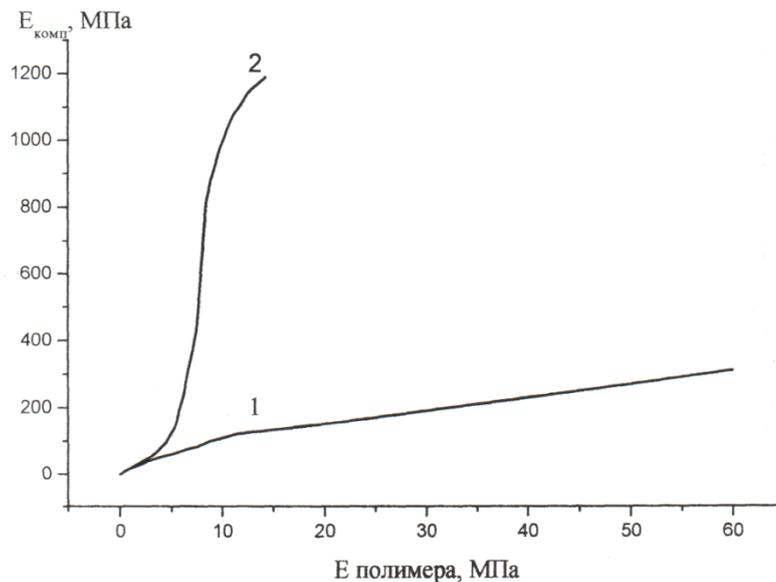


Рисунок 5. Экспериментальная зависимость модуля Юнга составного (кривая 1) и слоистого (кривая 2) стержней от модуля Юнга эпоксидного адгезива при его одновременном отверждении во всех трех стержнях.

Известно довольно большое число работ, авторы которых исследовали различия в свойствах и процессах отверждения полимерных адгезивов в блоке и тонкой прослойке. Все возможные причины и гипотезы по поводу этого различия приведены в работе [1]. Обычно эти различия, обнаруживаемые косвенными методами, не превышали 10-20 %. Но обнаруженные здесь различия в модулях Юнга слоистого и составного стержней разительны. Поэто-

му для его объяснения здесь привлечено представление об особенности механического поведения тонких сравнительно мягких прослоек (в данном случае адгезива), заключенных между двумя жесткими пластинами субстрата [1, 6, 7].

Поскольку стерженьки-связи короткие, т.е. h_k^* мала, то можно считать, что в пределах контактного слоя « k » перемещения u и v являются линейной функцией координаты z :

Поскольку стерженьки-связи короткие, т.е. h_k^* (длина стерженьков или, что одно и то же, толщина контактного слоя k) мала, то можно считать, что в пределах контактного слоя « k » перемещения u или v являются линейной функцией координаты z (рис. 5):

$$u_k = a_k + b_k z \quad (k = 0, 1, \dots, n) \quad (1)$$

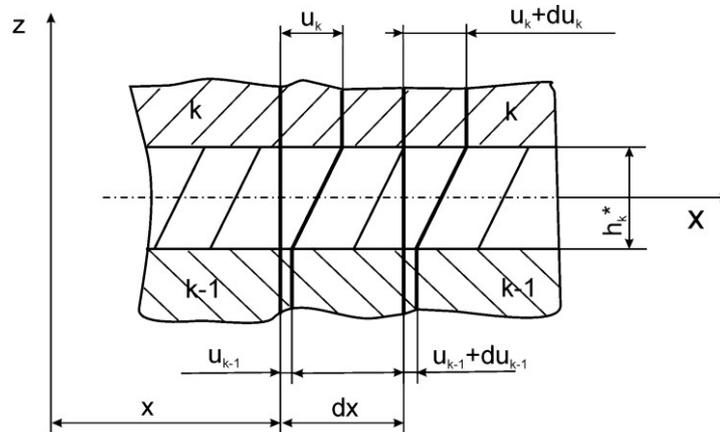


Рис. 6. Схема перемещений по оси x элементов слоистой системы. h_k^* - толщина контактного слоя.

То же можно написать и для v_k . Так как изгиб исключен, то в контактном слое осевое перемещение $w=w(z)$ не зависит от x и y . Тогда сдвиговые деформации в контактном слое k :

$$e_{xz,k} = du_k/dz + dw_k/dx = du_k/dz = b_k \quad (2)$$

В силу непрерывности перемещений u и v на торцах слоев для (5) получаем:

$$e_{xz,k} = b_k = (u_k - u_{k-1})/h_k^*; \quad e_{yz,k} = b_k = (v_k - v_{k-1})/h_k^* \quad (3)$$

В (3) $u_k, u_{k-1}, v_k, v_{k-1}$ - перемещение общих поверхностей адгезива и субстрата.

Условие равновесия любого слоя « k » (адгезива или субстрата):

$$\tau_k - \tau_{k+1} = dN_k/dx \quad (k = 0, 1, \dots, n) \quad (4)$$

Напомним, что (4) справедливо как для $\sigma_{xz,k} = \tau_k$ так и для $\sigma_{yz,k} = \tau_k$. В силу полной адекватности распределений по обеим координатам x и y часть дальнейших преобразований приводим для одной координаты.

$$e_{xz,k} = \frac{\tau_k}{G_k^*} = \frac{\partial u_k}{\partial z} = b_k = \frac{(u_k - u_{k-1})}{h_k^*} \quad (5)$$

Продифференцируем (5) по x и воспользуемся соотношениями (2) и (3):

$$\frac{\partial \tau_k}{\partial x} = \frac{G_k^*}{h_k^*} \left[\frac{1-\mu_k}{E_k h_k} N_k - \frac{1-\mu_{k-1}}{E_{k-1} h_{k-1}} N_{k-1} + \left(\frac{\mu_{k-1}}{E_{k-1}} - \frac{\mu_k}{E_k} \right) q + \varepsilon_{t,k} - \varepsilon_{t,k-1} \right] \quad (k=0, 1, \dots, n) \quad (6)$$

Продифференцируем (6) и подставим в (5). В силу равенства $N_{kx}=N_{ky}=N_k$ при одинаковых x и y и в силу симметрии в дальнейшем ограничиваемся решением по оси x и обыкновенными производными. Итак, получаем:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 N_k}{dx^2} &= \frac{G_k^*}{h_k^*} \left[\frac{1-\mu_k}{E_k h_k} N_k - \frac{1-\mu_{k-1}}{E_{k-1} h_{k-1}} N_{k-1} - \left(\frac{\mu_k}{E_k} - \frac{\mu_{k-1}}{E_{k-1}} \right) q + \varepsilon_{t,k} - \varepsilon_{t,k-1} \right] - \\ &- \frac{G_{k+1}^*}{h_{k+1}^*} \left[\frac{1-\mu_{k+1}}{E_{k+1} h_{k+1}} N_{k+1} - \frac{1-\mu_k}{E_k h_k} N_k + \left(\frac{\mu_k}{E_k} - \frac{\mu_{k+1}}{E_{k+1}} \right) q + \varepsilon_{t,k+1} - \varepsilon_{t,k} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

Для наружных слоев 0 и n из (7) получаем ($G_0^* = 0$ и $G_{n+1}^* = 0$):

$$\begin{aligned} \frac{d^2 N_0}{dx^2} &= - \frac{G_1^*}{h_1^*} \left[\frac{1-\mu_1}{E_1 h_1} N_1 - \frac{1-\mu_0}{E_0 h_0} N_0 + \left(\frac{\mu_0}{E_0} - \frac{\mu_1}{E_1} \right) q + \varepsilon_{t,1} - \varepsilon_{t,0} \right] \\ \frac{d^2 N_n}{dx^2} &= \frac{G_n^*}{h_n^*} \left[\frac{1-\mu_n}{E_n h_n} N_n - \frac{1-\mu_{n-1}}{E_{n-1} h_{n-1}} N_{n-1} + \left(\frac{\mu_{n-1}}{E_{n-1}} - \frac{\mu_n}{E_n} \right) q + \varepsilon_{t,n} - \varepsilon_{t,n-1} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

Далее рассмотрен наиболее представительный частный случай - пятислойная модель, в которой наружные слои субстрата одинаковы, а средний слой адгезива соединяют с субстратами два одинаковых контактных слоя. Для нормальных напряжений в ней получаем:

$$\sigma_{xI} = \frac{N_I}{h_I} = \frac{T_0}{\omega^2 h} \frac{\delta q + \int \beta dT}{I \left(1 - \frac{ch \omega x}{ch \omega l/2} \right)} = \frac{T_0}{\omega^2 h_I} \left(1 - \frac{ch \omega x}{ch v} \right) \quad \sigma_{x0} = - \frac{N_I}{2h_0} \cdot v = \omega \frac{l}{2} \quad (9)$$

В результате решения задачи для представительного пятислойного элемента получено выражение и для касательных напряжений в контактном слое при действии по торцам нормальной самоуравновешенной нагрузки q и перепада температур ΔT :

$$\tau = \tau_1 = \frac{1}{2} \frac{dN}{dx} = - \frac{\delta q + \beta \Delta T}{2\omega} \frac{sh \omega x}{ch v} \quad (10)$$

Используя закон Гука и соотношения Коши, вычисляем все необходимые деформации. В частности, запишем важную для нас полученную полную среднюю по сечению осевую деформацию слоистого стержня:

$$\begin{aligned}
\varepsilon_{z,c,сл.с} &= \varepsilon_z + \varepsilon_t = \frac{q}{E_{эф}} + \alpha_{эф} \Delta T = \\
&= q \left[\left(\frac{\nu_0}{E_0} + \frac{\nu_1}{E_1} \right) + \frac{2\delta}{\omega^2} \left(\frac{\mu_0 \nu_0}{E_0 h_0} - \frac{\mu_1 \nu_1}{E_1 h_1} \right) \left(1 - \frac{th\nu}{\nu} \right) \right] + \\
&+ \left[\alpha_0 \nu_0 + \alpha_1 \nu_1 \right] + \frac{2\beta}{\omega^2} \left(\frac{\mu_0 \nu_0}{E_0 h_0} - \frac{\mu_1 \nu_1}{E_1 h_1} \right) \left(1 - \frac{th\nu}{\nu} \right) \Delta T.
\end{aligned} \tag{11}$$

В этих формулах (9)-(11) введены обозначения:

$$\omega^2 = \frac{G^*}{h^*} \left[\frac{1-\mu_0}{E_0 h_0} + \frac{2|1-\mu_1|}{E_1 h_1} \right], \quad \delta = 2 \left(\frac{\mu_1}{E_1} - \frac{\mu_0}{E_0} \right) \frac{G^*}{h^*}, \quad \beta = 2(\alpha_0 - \alpha_1) \frac{G^*}{h^*}, \quad \nu = \omega \frac{l}{2} \tag{12}$$

В формулах (9)-(12) индекс 0 внизу относится к жесткому субстрату, индекс 1 – к полимеру, * – к контактному слою, E – модули Юнга, G^* – модуль сдвига, h – толщины, μ – коэффициенты Пуассона, α – коэффициенты линейного температурного расширения субстрата и адгезива.

Соотношение (11) предоставляет несколько новых возможностей для первичного анализа.

Нормальный отрыв

На рис. 7 показан пример распределения касательных напряжений на границе субстрат-адгезив вдоль оси ОХ от действия приложенных напряжений $\sigma_z = q = 1 \text{ МПа}$ ($\tau_{max} = 5 \text{ МПа}$) в отсутствие температурных воздействий. Из рисунка видно, что напряжения концентрируются вблизи края на ширине, составляющей менее одного процента от длины ребра. Все это означает, что, начиная с некоторого размера l , модель может разрушиться не от нормальных растягивающих напряжений $q = q_{ad}$, а от напряжений сдвига, когда $\tau_{max} = |\tau(l)|$ достигнет (если достигнет) величины τ_{ud} при нагрузке $q < q_{ad}$. При этом прилагаемая нагрузка может упасть до нуля, что будет соответствовать разрушению модели сдвиговыми температурными напряжениями. Именно конкуренцией между нормальными и касательными напряжениями объясняются сложные экспериментальные зависимости на рис. 3 от размеров и температуры [1].

Это означает, что испытания на нормальный отрыв должны подвергаться сомнению. Проведенные нами экспериментальные и теоретические исследования [33] позволяют утверждать, что лишь сравнительно малые поперечные размеры образцов могут дать правдивую информацию о трансверсальной адгезионной прочности:

$$q_{ad} = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{P}{S} \cdot \frac{b}{S}.$$

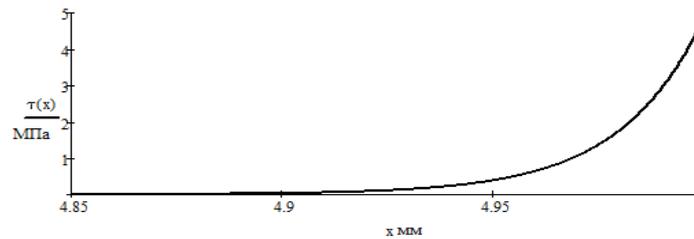


Рис.7. Распределение касательных напряжений на границе субстрат-адгезив при нормальном отрыве (в отсутствие температурного воздействия).

$$q = 1 \text{ МПа}, E_0 = 200000 \text{ МПа}, E_1 = 100 \text{ МПа}, h_1 = 0.1 \text{ мм}, h_0 = 1 \text{ мм}, \ell = 10 \text{ мм}, gr = 25000 \text{ МПа/мм}$$

В работах [1, 2] представлено подробное исследование адгезионных испытаний на нормальный отрыв. В нем получили объяснение экспериментальные зависимости, и настоящая теория качественно совпадает с экспериментом.

Эффективный модуль Юнга

На такой же ширине нормальные напряжения σ_x и σ_y (растягивающие или сжимающие) «выходят» на равномерное распределение по площади сечения стержня, равное q (рис.8). Все это убеждает нас в том, что более 95% прослойки адгезива оказывается всесторонне растянутой (или сжатой).

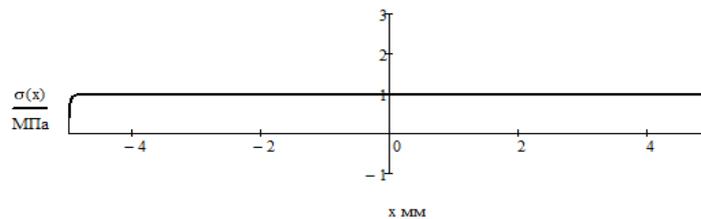


Рис.8. Распределение нормальных напряжений вдоль оси x .

$$q = 1 \text{ МПа}, E_0 = 200000 \text{ МПа}, E_1 = 100 \text{ МПа}, h_1 = 0.1 \text{ мм}, h_0 = 1 \text{ мм}, \ell = 10 \text{ мм}, gr = 25000 \text{ МПа/мм}$$

Поэтому вместо обычного модуля Юнга полимера работает модуль всестороннего объемного растяжения. Доля всесторонне растянутого адгезива зависит от ширины зоны концентрации краевого эффекта – чем она меньше, тем больше доля всесторонне растянутого адгезива. Объемный модуль связан с модулем Юнга E и коэффициентом Пуассона μ известным соотношением:

$$K = E/3(1 - 2\mu)$$

Из него следует, что модуль K может быть много больше модуля Юнга, и чем ближе коэффициент Пуассона к предельному значению 0,5, тем больше K и тем больше становится сопротивление слоистой структуры растяжению или сжатию. Однако не все так просто. Такое представление в некоторой мере оправдано для сравнительно «мягкого» адгезива, когда его модуль Юнга много меньше модуля Юнга материала субстрата.

Если положить в (11) $\Delta T=0$, то получается выражение для модуля Юнга слоистого стержня:

$$E_{\text{эф. сл. см}} = \left[\left(\frac{\nu_0}{E_0} + \frac{\nu_1}{E_1} \right) - \frac{2(\mu_0/E_0 - \mu_1/E_1)^2}{(1-\mu_1)/E_1\nu_1 + (1-\mu_0)/E_0\nu_0} \left(l - \frac{th\nu}{\nu} \right) \right]^{-1} \quad (13)$$

В (13) параметры δ и ω заменены с помощью (12). Формула (13) отражает не только влияние объемных содержаний, модулей Юнга и коэффициентов Пуассона адгезива и субстрата, но и влияние геометрических параметров модели и жесткости контактного слоя G^*/h^* . Размер стороны прямоугольного сечения l и жесткость контактного слоя, содержатся только в параметре ν из (12).

Следует заметить, что полученные здесь формулы для модуля Юнга (13) и КЛТР (14) включают в себя слагаемые, которые получаются по формулам смеси – слагаемые в первых круглых скобках. Это означает, что в предлагаемом подходе соблюдается принцип соответствия – новые результаты должны включать в себя как частный (или предельный) случай результаты, полученные прежде на основании иных подходов и подтвержденные многими экспериментами. В данном случае, если устремить размер стороны l к нулю, то параметр ν также устремится к нулю, и получаются формулы смеси:

$$\lim_{l \rightarrow 0} \frac{th\nu}{\nu} = 1; \quad \frac{1}{E_{\text{эф}}} = \frac{\nu_0}{E_0} + \frac{\nu_1}{E_1}; \quad \alpha_{\text{эф}} = \alpha_0\nu_0 + \alpha_1\nu_1 \quad (14)$$

Известно, что эти формулы достаточно хорошо работают в армированных пластиках [4], в которых есть малый размер – диаметр армирующего волокна.

Влияние толщины прослойки адгезива

При анализе влияния толщины прослойки возникают две возможности:

Первая, когда сохраняются неизменными относительные объемные содержания субстрата и адгезива ν_0 и ν_1 . Тогда толщины субстрата h_0 и адгезива h_1 оказываются связанными простым соотношением:

$$h_0 = h_1 \left(\frac{1}{\nu_1} - 1 \right), \nu_1 = \text{Const} \quad (15)$$

Следует заметить, что модуль Юнга, вычисляемый по формуле смеси, в этом случае не зависит от толщин пластинок субстрата и адгезива, поскольку их объемные содержания постоянны. Здесь для анализа $E_{\text{эф}}(h_1)$ можно воспользоваться формулой (13) и (15). Получаем:

$$\lim_{l \rightarrow 0} E_{\text{эф}} = \left[\left(\frac{\nu_0}{E_0} + \frac{\nu_1}{E_1} \right) - \frac{2(\mu_0/E_0 - \mu_1/E_1)^2}{(1-\mu_1)/E_1\nu_1 + (1-\mu_0)/E_0\nu_0} \right]^{-1} \quad (16)$$

При увеличении толщины прослойки адгезива из (13) получается формула смеси:

$$\lim_{h \rightarrow \infty} E_{\text{эф}} = \left[\left(\frac{\nu_0}{E_0} + \frac{\nu_1}{E_1} \right) \right]^{-1} \quad (17)$$

Проведем некоторые численные оценки модуля Юнга слоистой структуры в предельном состоянии с помощью формулы (13), т.е. когда толщина прослойки мала. Кроме этого, ограничимся рассмотрением случая, когда $E_0 \gg E_1$. В этом случае из (13) для модуля слоистой структуры получаем:

$$E_{\text{эф}} = \frac{E_1}{\nu_1} \frac{1 - \mu_1}{1 - \mu_1 - 2\mu_1^2} = E_{\text{см}} \frac{1 - \mu_1}{1 - \mu_1 - 2\mu_1^2}$$

Все определяется величиной коэффициента Пуассона. В случае $\mu_1=0,49$ получаем $E_{\text{эф}}=51E_{\text{см}}$. Если $\mu_1=0,45$, то $E_{\text{эф}}=3,8E_{\text{см}}$, если $\mu_1=0,4$, то $E_{\text{эф}}=2,14E_{\text{см}}$. Т.е. зависимость очень сильная. Наглядно это демонстрирует для базового варианта рис. 9.

Вторая возможность возникает, когда меняются либо h_1 , либо h_0 произвольно. Тогда

$$\nu_1 = \frac{h_1}{h_0 + h_1}, \quad \nu_0 = 1 - \nu_1 \quad (18)$$

и подставив (18) в (11) запишем $E_{\text{эф}}$ в иной форме:

$$E_{\text{эф}} = (h_1 + 2h_0) \sqrt{\left[\left(\frac{h_1}{E_1} + \frac{2h_0}{E_0} \right) - \frac{4|\mu_0/E_0 - \mu_1/E_1|^2}{2|1-\mu_1|/E_1 h_1 + |1-\mu_0|/E_0 h_0} \left(1 - \frac{h\nu}{\nu} \right) \right]} \quad (19)$$

В этих случаях получаются очевидные результаты:

$$\lim_{h_1 \rightarrow 0} E_{\text{эф}} = E_0, \quad \lim_{h_0 \rightarrow 0} E_{\text{эф}} = E_1 \quad (20)$$

На следующем рис. 9 в качестве примера приведен график зависимости модуля Юнга слоистой структуры (11) от толщины прослойки адгезива для второго случая. Базовые параметры, при которых производился расчет:

$E_1 = 100 \text{ МПа}$, $h_1 = 0,1 \text{ мм}$, $\mu_1 = 0,49$, $h_0 = 1 \text{ мм}$, $l = 10 \text{ мм}$, $gr = G/h^* = 25000 \text{ МПа}$, $E_0 = 200000 \text{ МПа}$, $\mu_0 = 0,33$

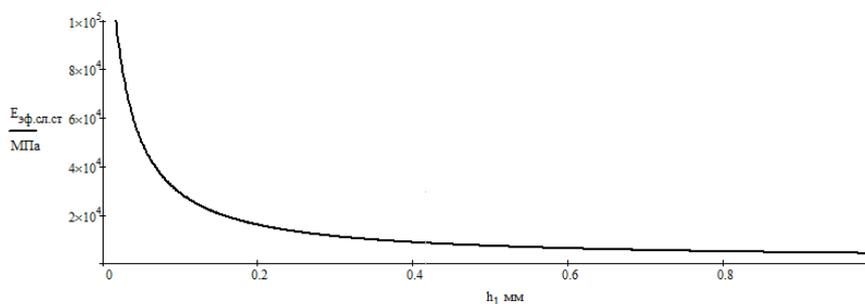


Рис.9. Зависимость $E_{\text{эф.сл.см.}}$ от толщины прослойки адгезива.

Из рис. 9 видно, что с увеличением толщины полимерной прослойки адгезива модуль Юнга падает более чем в десять раз.

Зависимость $E_{эф.сл.ст.}$ от коэффициента Пуассона адгезива

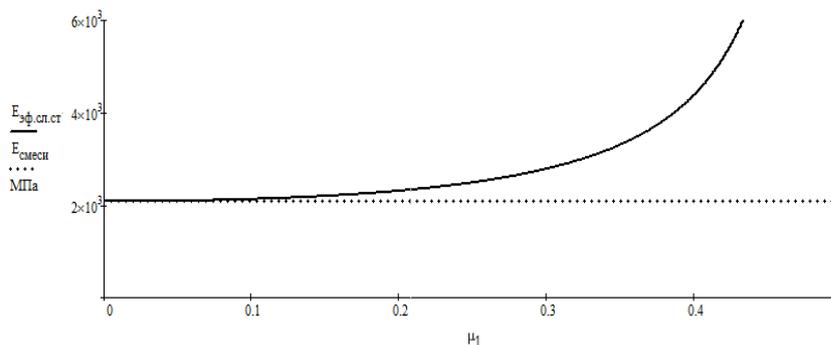


Рис.10. Зависимость $E_{эф.сл.ст.}$ и $E_{смеси}$ от коэффициента Пуассона адгезива. (сплошной линией показан график зависимости модуля Юнга слоистого стержня от коэффициента Пуассона адгезива, пунктирно линией - график зависимости модуля Юнга, рассчитанного по формуле смеси от коэффициента Пуассона адгезива)

Из графика на рис.10 следует, что увеличение коэффициента Пуассона ведет к серьезному увеличению $E_{эф.сл.ст.}$. На модуль Юнга, рассчитанный по формуле смеси коэффициент Пуассона не влияет.

Зависимость $E_{эф}$ от жесткости контактного слоя

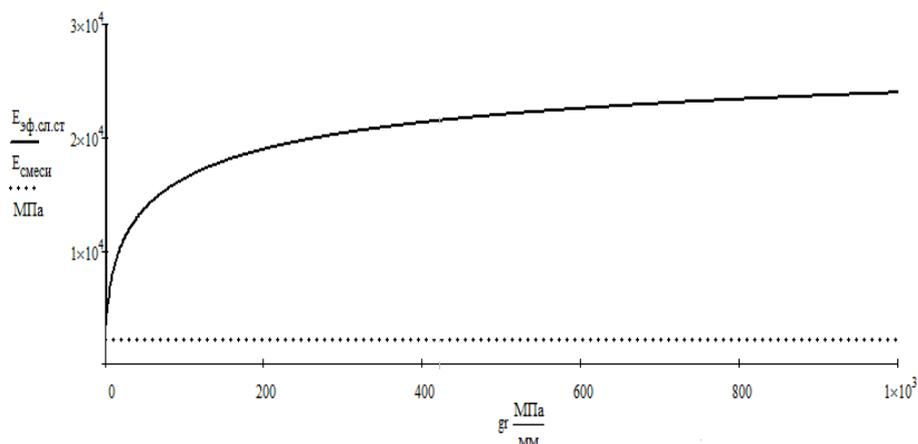


Рис.11. Зависимость $E_{эф}$ и $E_{см}$ от жесткости контактного слоя (интенсивности адгезионного взаимодействия). Сплошной линией показан график зависимости модуля Юнга слоистого стержня от жесткости контактного слоя, пунктирно линией – график зависимости модуля Юнга, рассчитанного по формуле смеси от жесткости контактного слоя.

Как видно из рисунка, чем больше значение для жесткости контактного слоя, тем больше модуль Юнга слоистой структуры $E_{эф}$. На значение модуля Юнга, вычисленного по формуле смеси $E_{см}$ жесткость контактного слоя не влияет.

Зависимость $E_{эф}$ от модуля Юнга адгезива

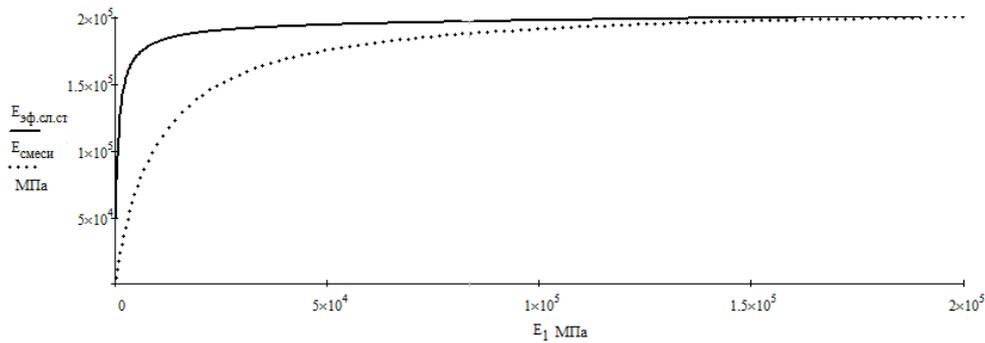


Рис.12. Зависимость $E_{эф}$ и $E_{см}$ от модуля Юнга адгезива. Сплошной линией показан график зависимости модуля Юнга слоистого стержня от модуля Юнга адгезива, пунктирной линией - график зависимости модуля Юнга, рассчитанного по формуле смеси от модуля Юнга адгезива.

Анализируя рисунок 12, можно сделать вывод, что с увеличением модуля Юнга адгезива увеличивается и модуль Юнга слоистого и составного стержней. Но модуль слоистого стержня растет на первом этапе значительно быстрее. Если же адгезив достаточно жесткий (например, эпоксидный полимер при комнатной температуре $E=3000$ МПа), а размер l мал, то вполне приемлема формула смеси для определения упругих параметров композита. Это означает, что с точки зрения механики, нельзя ожидать синергизма от применения наноразмерных наполнителей в композите.

Эффективный КЛТР

Если положить в (11) $q = 0$, получается формула для коэффициента линейного температурного расширения $\alpha_{эф}$:

$$\alpha_{эф, сл. ст.} = (\alpha_0^v + \alpha_1^v) + \frac{4(\alpha_0 - \alpha_1)(\mu_0 E_1 - \mu_1 E_0) b_0^v l}{l - \mu_0 E_1^v + l - \mu_1 E_0^v} \left(1 - \frac{thv}{v}\right) \quad (21)$$

Температурные напряжения

Если же положить суммарную деформацию в (11) всего слоистого стержня равной нулю, то можно получить зависимость температурных напряжений в стержне неизменной длины от различных параметров стержня, включая размер пластин l :

$$\sigma_t = -\alpha_{эф} E_{эф} \Delta T \quad (22)$$

где $\alpha_{эф}$ и $E_{эф}$ из (13) и (21).

Все сказанное о модуле Юнга относится и коэффициенту линейного температурного расширения слоистой структуры (21).

С методами определения параметров контактного слоя – интенсивности адгезионного взаимодействия (жёсткости) и истинной прочности адгезионной связи можно ознакомиться в работах [1,2].

Список литературы

1. Турусов Р.А. Адгезионная механика. М., НИУ МГСУ, 2015, 230 с.
2. Фрейдин А.С., Турусов Р.А. Свойства и расчет адгезионных соединений.// М.: Химия, 1990, 255 с.
3. Туразян, А.В., Рабинович А.Л. О распределении напряжений в элементарной модели однонаправленной структуры. // Доклады АН СССР. 1970. Т. 191. № 6. с. 1305–1307.
4. Hayashi, T. Photoelastsche Untersuchungen der Spannungs-Verteilung in der durch Fasern verstärkten Platte.// Nonhomogeneity and Plasticity. New York : Hill. Book. 1959. 220 p.
5. Rosen B.W. Strength of Uniaxial Fibrous Composites. In Mechanics of Composite Materials.// Pergamon Press, 1970. 694 p.
6. Turusov R.A. Elastic and temperature behavior of a layered structure. Part I. Experiment and theory.// Mechanics of Composite Materials, 2014, Vol. 50, No 6. decaber, p. 1119-1130. Riga.
7. Turusov R.A. Elastic and temperature behavior of a layered structure. Part II. Calculation results.// Mechanics of Composite Materials. 2015, Vol. 51. No 1. Jenuary. p. 175-183. Riga.
8. Turusov R. A. and Manevich L. I. Contact layer method in adhesive mechanics.// Polymer Science, Series D. 2010 v.3. No1. pp.11-19.
9. Маневич Л.И., Павленко А.В. Об учете структурной неоднородности композита при оценке адгезионной прочности.// Прикл. мех. и техн. физика. СО АН СССР. 1982. №3 (133). с.140-145.
10. Маневич Л.И., Турусов Р.А. Асимптотический метод в адгезионной механике.// Клеи. Герметики, Технологии, №12, 2010, с. 2-9.
11. Турусов Р.А., Вуба К.Т., Фрейдин А.С. Исследование влияния температурно-влажностных факторов на прочностные и деформационные свойства клеевых соединений древесины со стальной арматурой.// Труды ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко, 1972. Вып.24. с.86-124.
12. Турусов Р.А., Никишин А.А., Иванова-Мумжиева В.Г. Некоторые задачи, связанные с определением адгезионной прочности. Международный симпозиум «Полимеры-73»// Доклады. България. Варна. 1973. с.198-203.
13. Турусов Р.А., Никишин А.А., Горбаткина Ю.А. Метод пограничного слоя в задачах механики твердого деформируемого тела. Международный симпозиум «Полимеры-73»// Доклады. България. Варна. 1973. с.229-233.
14. Турусов Р.А., Сакварелидзе Ж.Д., Малинский Ю.М. Исследование механизма разрушения армированных пластиков при нормальных и повышенных температурах.// «Армированные пластики – 74» Доклады. Чехословакия. Карловы Вары. 1974. с.97-103.
15. Турусов Р.А., Сакварелидзе Ж.Д., Малинский Ю.М., Вуба, К.Т. Растяжение составных стержней с учетом изгиба как модели клеевых соединений.// В кн. «Труды ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко» М. Стройиздат. 1975. Вып.53. с.72-80.
16. Турусов Р.А., Вуба К.Т. Роль неоднородного напряженного состояния в оценке прочности моделей адгезионных соединений.// В кн. «Физика прочности композиционных материалов», ЛИЯФ, Л-д, с.75-84.

17. Турусов Р.А., Вуба К.Т. Напряженное состояние и особенности оценки прочности адгезионных соединений при сдвиге.// *Физика и химия обработки материалов*. 1979. №5, , с.87-94.
18. Турусов Р.А., Вуба К.Т. Напряженное состояние и особенности оценки прочности адгезионных соединений при отрыве.// *Физика и химия обработки материалов*. 1980 №2. с.108-115.
19. Турусов Р.А., Богачев Е.А., Елаков А.Б. Роль интенсивности адгезионного взаимодействия и жесткости матрицы в передаче усилий от цельного волокна к разорванному в волокнистом композите и в реализации прочности армирующих волокон. Часть I.// *Механика композиционных материалов и конструкций*. 2016. т.22. №3., с. 430-451.
20. Турусов Р.А., Богачев Е.А., Елаков А.Б. Роль интенсивности адгезионного взаимодействия и жесткости матрицы в передаче усилий от цельного волокна к разорванному в волокнистом композите и в реализации прочности армирующих волокон. Часть II.// *Механика композиционных материалов и конструкций*. 2016. т.22. №4. с. 536-547.
21. Hashin Z. Thermoelastic properties of particulate composites with imperfect interface.// *J. Mech. Phys. Solids* 39, pp. 745–762.
22. Hashin Z. The spherical inclusion with imperfect interface.// *J. appl. Mech.* 1991b. 58, pp. 444–449.
23. Hashin Z. Extremum principles for elastic heterogenous media with imperfect interface and their application to bounding of effective elastic moduli.// *J. Mech. Phys. Solids*. 1992. 40. pp.767–781.
24. Lipton, R., Vernescu, B. Variational methods, size effects and extremal microgeometries for elastic composites with imperfect interface.// *Math. Models Meth. Appl. Sci.* 1995. 5, pp.1139–1173.
25. Benveniste Y., Miloh T. Imperfect soft and stiff interfaces in two-dimensional elasticity. *Mech. Mater.* 2001. 33, 309–324.
26. John A. Nairn, Yung Ching Liu and Costas Galiotis. *Analysis of Stress Transfer from the Matrix to the Fiber Through an Imperfect Interface: Application to Raman Data and the Single-Fiber Fragmentation Test. Fiber, Matrix, and Interface Properties, ASTM STP 1290, Christopher J. Spragg and Lawrence T. Drzal, Eds., American Society for Testing and Materials.* 1996, pp. 47-65.
27. Гуревич Г.И. Деформируемость сред и распространение сейсмических волн. М. Наука. 1973. 484 с.
28. Sergeyev A.Yu., Turusov R. A., Baurova N. I., Kuperman A. M. Stresses arising during cure of the composite wound on the cylindrical surface of an element of exhaust system.// *Mechanics of composite materials*. . 2015/ V 51. No 3, pp. 1—16.
29. Andreev V. I., Turusov R. A., Tsybin N.Yu. Application of the Contact Layer in the Solution of the Problem of Bending the Multilayer Beam// *Procedia Engineering*, 2016, V. 153. p. 59-65
30. Tsybin N.Yu., Turusov R. A., Andreev V. I. Comparison of Creep in free Polymer Rod and Creep in Polymer Layer of the Layered Composite.// *Procedia Engineering*, 2016, V. 153. p. 51-58.
31. Andreev V. I., Turusov R. A., Tsybin N.Yu. Determination of Stress-Strain State of a Three-Layer Beam with Application of Contact Layer Method.// *Mechanics of Composite Materials*. 2016. Pp212-219.
32. Sergeev A.Yu., Turusov R. A., Baurova N. I. Strength of the Joint of an Anisotropic Composite and a Cylindrical Element of the Exhaust System of Road Vehicles.// *Mechanics of Composite Materials*. 2016.V 52. No 1. Mar. pp 1-14.

33. *Сергеев А.Ю., Турусов Р.А., Баурова Н.И. Определение адгезионной прочности соединений на примере испытаний образцов методом выдергивания волокна из матрицы.// Composites and Nanostructures. 2016. V.9. №1. pp. 2 -12.*

Библиографическая ссылка: Турусов Р.А. Адгезия и адгезионная механика // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 186-206

Article reference: Turusov R.A. The Adhesive Interaction and Adhesion Mechanics // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 186-206

Высокие технологии: сегодня и завтра

Потапов А.А.

*к.ф.-м.н., д.х.н, профессор, Россия, Иркутск
aleksey.potapov.icc@gmail.com*

Аннотация. Основная цель настоящей статьи показать готовность Человечества к созданию атомно-молекулярных манипуляторов как основы будущих нанопроизводств. Для этого сегодня имеется все необходимое, и главное – разработаны основы теории атомно-молекулярной сборки. Ключевым звеном теории выступает атом, электронное строение которого предопределяет природу и механизм формирования межатомных и межмолекулярных связей как основу структурообразования веществ. Постигание явления структурообразования открывает путь к разработке алгоритма управления атомно-молекулярным манипулятором как основы программного обеспечения манипулятора, и тем самым открывает путь к созданию производств на основе атомно-молекулярной сборки.

Ключевые слова: теория, атом, структура, молекула, вещество, сборка, высокие технологии, нанотехнологии, нанопроизводства.

UDC 539.1.01

High technology: today and tomorrow

Potapov A. A.

*Phys.-M. SC., D. H. N., Professor, Russia, Irkutsk
aleksey.potapov.icc@gmail.com*

Abstract. The main purpose of this article is to show the willingness of Mankind to the creation of the atomic and molecular manipulators as the Foundation for future nanoproducts. It now has everything you need, and most importantly – the fundamentals of the theory of atomic and molecular assemblies. A key element of the theory is the atom, the electronic structure which determines the nature and mechanism of formation of interatomic and intermolecular bonds as the basis for the formation of substances. The comprehension of the phenomena structurable education opens the way for the development of control algorithm for the atomic-molecular larrym manipulator as the basis of software of the manipulator, and thereby opens the way for the establishment of industries based on the atomic-molecular Assembly.

Keywords: theory, atom structure, molecule, substance, Assembly, high technology, nanotechnology, nanomanufacturing.

Высокие технологии: сегодня и завтра

1. Основные положения и определения, проблема

Термины и определения. Термин «нанотехнология» нашел широкое распространение в повседневной практике. К сожалению, его первоначальный смысл как способа поатомного построения вещества фактически утрачен и размыт в более широком толковании термина «нанотехнологии». Отсутствие четкого определения приводит к тому, что под нанотехнологией стали понимать все что так или иначе связано с изменением состояния, состава или структуры вещества или материала. При таком понимании нанотехнологии сюда могут быть отнесены все традиционные разделы физико-химии и материаловедения. Для устранения возникшей в этой связи неопределенностью в аналитическом обзоре «Производственные наносистемы» [1], подготовленном рабочей группой международных специалистов, было предложено ввести термин «технология атомной точности (ТАТ)». Данный термин возвращает его первоначальный смысл как поатомного способа управления веществом. Однако этот термин пока не привился среди «нанотехнологов».

В настоящей работе предлагается использовать термин «высокие технологии» (high technology), в котором сохранен корневой смысл «технологии» как способа преобразования вещества или материала и в котором отражена специфика вновь создаваемых способов направленного синтеза веществ и материалов, основанных на применении фундаментальных законов структурообразования. Высокие технологии как обобщенное понятие включает в себя не только механосинтез (технологии, основанные на поатомном позиционировании), но и другие вновь разрабатываемые технологии.

Цель. Современная человеческая цивилизация находится на завершающем этапе формирования техносферы. Человечество входит в стадию становления нового технологического уклада, в основе которого будут лежать высокие технологии синтеза вещества путем атомно-молекулярной сборки. Завершающей стадией данного глобального процесса является перевод всей промышленности на атомно-молекулярный уровень путем создания нанопроизводств и нанофабрик [1-5].

Задача. Первоочередной задачей является создание интеллектуального атомно-молекулярного манипулятора (наносборщика, наноробота, ассемблера) как инструментальной основы высоких технологий и атомно-молекулярных производств. [1, 5].

Атомно-молекулярный манипулятор представляет одну из разновидностей атомно-силовых или туннельных микроскопов, с помощью которого осуществляется манипулирование отдельными атомами и молекулами путем их захвата, переноса в нужное место и укладки в соответствии с заданной топологией проектируемого изделия.

Алгоритм управления. Работу исполнительного устройства (наноманипулятора) обеспечивает система управления, в основе которой лежат алгоритм выполнения операций атомно-молекулярной сборки и соответствующее программное обеспечение. В качестве *алгоритма* управления наноманипулятором выступает химическая формула изделия. Алгоритм, реализующий данную формулу, строится на основе фундаментальных законов структурообразования вещества.

Проблема. История развития техники подтверждает тот факт, что наибольшую эффективность достигают технологии, которые имеют научное обеспечение и сопровождение лежащего в ее основании способа производства. «Нет ничего практичнее, чем хорошая теория» (Л. Больцман).

От современных технологий также можно ожидать революционных преобразований. Эти ожидания связаны с вновь открывшимися перед человечеством возможностями создания искусственных веществ и материалов путем атомно-молекулярной сборки. Сегодня уже созданы прообразы нанофабрик и нанопроизводств на основе существующих атомно-силовых и туннельных микроскопов. Тем самым продемонстрирована принципиальная возможность решения технической стороны проблемы.

Вместе с этим приходится констатировать полуэмпирический характер описания сегодняшних технологий. Они остаются на уровне поиска «хорошей» технологии методом «проб и ошибок». Сегодняшний этап становления нанотехнологии можно охарактеризовать как экстенсивный, то есть основанный на расширении фронта исследований по объекту исследования, по методам и средствам исследований и т.д. В целом эффективность такого рода технологий невысока [5].

Актуальность. Проблема сформулирована и ключевая роль теории в становлении технологий, основанных на атомно-молекулярной сборке, осознана всеми ведущими индустриально развитыми странами. Исследования в этом направлении ведутся широким фронтом. Выделяются огромные финансовые средства. Правительства развитых стран хорошо уяснили для себя историческую неизбежность перехода к новому технологическому укладу и его грандиозные последствия для судеб мира, включившись в гонку за лидерство в данной области научных исследований. Ставки предельно высоки. Кто первым овладеет атомно-молекулярными технологиями, тот будет владеть миром.

Состояние исследований. Для перехода от экстенсивного этапа развития технологий к интенсивному, необходимо разработать прогностическую теорию вещества, которая на этапе проектирования материала или изделия должна определить исходные элементы (атомы и молекулы) для их построения, а также последовательность их сборки для получения требуемых эксплуатационных свойств и функций [1,5]. Но именно это звено остается узким местом и наименее разработанным разделом науки о веществе. Существующие теории вещества ограничены феноменологическим уровнем описания. Прогнозирование и планирование в области высоких технологий, основан-

ные на экстраполяции имеющихся в настоящее время теорий, представляется совершенно бессмысленным. Так что проблема сегодняшнего этапа становления высоких технологий *сводится к проблеме теоретического описания межатомных и межмолекулярных взаимодействий*

У нас на государственном уровне формально декларируется необходимость проведения фундаментальных исследований в области высоких технологий. Утверждена Государственная программа Российской Федерации «Развитие науки и технологии» на 2013-2020 годы». Сформирован «Перечень приоритетных направлений и программ фундаментальных исследований СО РАН на 2013-2020 годы». Подписан закон о создании Фонда перспективных исследований. Но реальных целенаправленных исследований в области высоких технологий до сих пор нет. Нет личной ответственности за решение данной общемировой проблемы. В правительстве высокие технологии (нанотехнологии) рассматриваются на примитивном узко рыночном понимании проблемы. То, что сегодня можно наблюдать – это скорее похоже на имитацию кипучей деятельности. Этим можно объяснить отсутствие до настоящего времени внятной стратегии становления и развития высоких технологий, в том числе нанотехнологий.

Новый этап в становлении высоких технологий. На современном этапе становления высоких технологий существенным представляется не столько расширение фронта экспериментальных исследований, сколько достижение сущностного понимания, лежащих в основании процессов структурообразования. Именно эти знания лежат в основе создания искусственного вещества, в основе управления вещественной материей. Эти знания завершают логическую цепь познания вещества на атомно-молекулярном уровне и выступают фундаментом для практической реализации атомно-молекулярных производств.

К настоящему времени атомная физика пополнилась экспериментальными данными, которые дали ранее недостающую информацию о строении атомов. Данное обстоятельство позволило заново переосмыслить возможности классического подхода к описанию атомов. Авторские исследования в области электронного строения вещества позволили установить основополагающие закономерности структурообразования вещества [5, 6] в цепи причинно обусловленных звеньев: электронное строение атомов → природа и механизм парного связывания атомов и молекул → атомно-молекулярная сборка. *Исходным звеном в этой цепи выступает атом.* Именно это звено оказалось недостающим при построении прогностической теории вещества. Установлена двуединая роль атома. С одной стороны, он выступает в роли строительного элемента вещества, а с другой, в качестве элемента генетической информации о механизмах структурообразования вещества. Сегодня эту информацию удалось расшифровать [6]. В свою очередь установление структуры атомов вывело на понимание природы физических и химических связей и механизмов образования молекул и химических соединений. Эти исследования легли в основание теории атомно-молекулярной сборки [6, 7].

Сегодня можно с уверенностью констатировать, что проблема теоретического и методического обеспечения высоких технологий на основе атомно-молекулярной сборки в принципе решена. Фактически речь идет о **революционном прорыве в области создания высоких технологий**. Осознание важности полученного результата и соответствующая поддержка данного направления исследований могли бы позволить в кратчайшие сроки вывести Россию в безусловные лидеры в области создания высоких технологий, включая нанотехнологии.

Стратегия становления. Выбор стратегического направления в области создания совершенных нанотехнологий – это выбор оптимального пути к реализации потенциальных возможностей технологии производства материалов и изделий методом атомно-молекулярной сборки. Это путь к управлению веществом и созданию искусственных веществ и материалов методом атомно-молекулярной сборки и в конечном итоге к переоснащению всей промышленности на атомно-молекулярном уровне. Динамика становления высоких технологий находится в прямой зависимости от уровня ее научного обоснования и теоретического обеспечения.

Проблема построения управляемого атомно-молекулярного манипулятора – это общемировая глобальная проблема и она должна решаться на уровне Национального проекта (наподобие успешно реализованного в свое время Атомного проекта). В рамках данного проекта необходимо разработать Исследовательскую программу по созданию программно управляемого атомно-молекулярного манипулятора и соответствующую Государственную программу, содержащую перечень мероприятий по ее реализации.

Цель настоящей работы показать принципиальную готовность отечественной науки к практической реализации технологии на основе атомно-молекулярной сборки, технологии завтрашнего дня.

2. Гипотетическое производство атомно-молекулярных систем

Принципиальная возможность реализации механосинтеза, – метода конструирования наносистем путем поатомной сборки, была установлена на практике и продемонстрирована на примере атомного письма и построения ряда простых наноэлементов непосредственно из атомов и молекул. Такая возможность открылась в связи с созданием сканирующих туннельных и атомно-силовых микроскопов, которые позволили осуществлять манипулирование отдельными атомами. С их помощью удалось осуществить операции по захвату атома, переносу его в нужное место и закрепление его в месте локализации посредством физического или химического связывания [5, 7]. Эти микроскопы уже сегодня стали инструментальной основой механосинтеза, по сути, являющегося авангардом высоких технологий. В принципиальном отношении они допускают возможность построения атомно-молекулярных систем любой мыслимой сложности.

На рис. 1 представлена блок-схема гипотетического производства атомно-молекулярных систем. Она дает наглядное представление о еще не решенных

в данной области задачах. Ключевым звеном на этой схеме является исполнительное устройство (наноманипулятор). Для его построения нет принципиальных ограничений. Функциональное обеспечение работы исполнительного устройства осуществляется с помощью системы управления. В ее основе лежит программное обеспечение и алгоритм выполнения операций атомно-молекулярной сборки. Это звено необходимо разработать. Для этого потре-

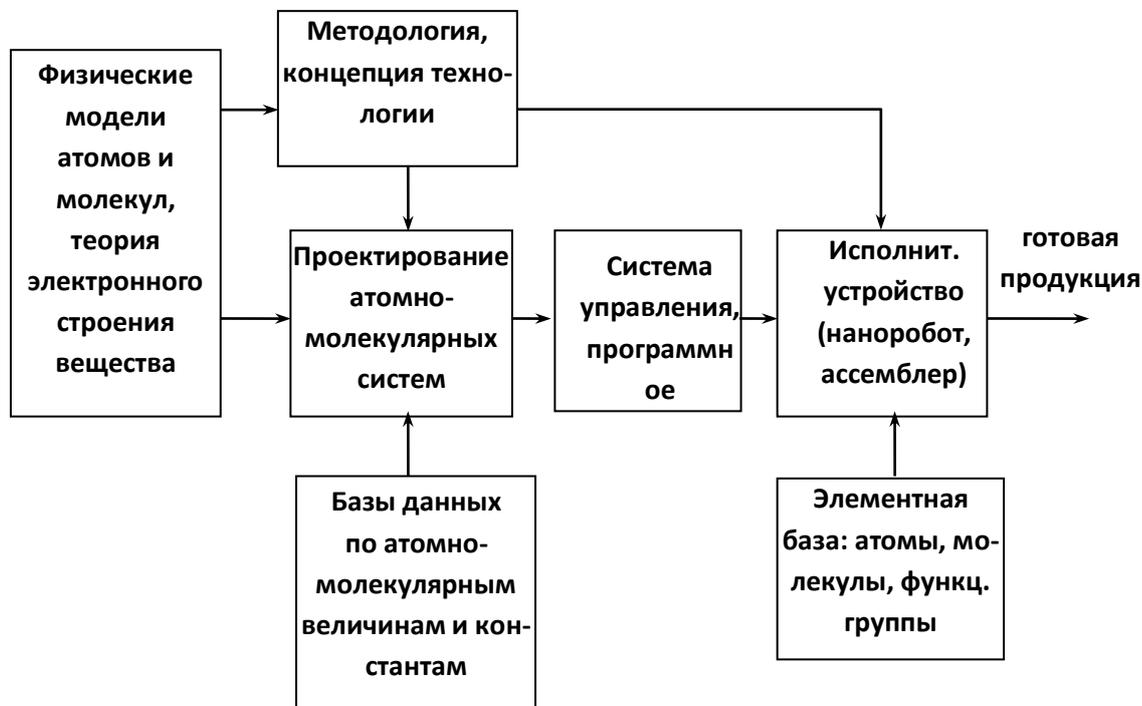


Рис. 1. Блок-схема гипотетического производства атомно-молекулярных систем.

буется создать соответствующие алгоритмы на основе знания электронного строения атомов и молекул и применения фундаментальных законов меж-атомных и межмолекулярных взаимодействий.

Очевидно, что успех практической реализации атомно-молекулярных производств напрямую зависит от уровня теоретических и методических разработок в области электронного строения вещества.

3. Несостоятельность квантово-механической теории

Ключевой проблемой описания атомно-молекулярной сборки является отсутствие корректной теории вещества. Причина тому в первую очередь заключается в том, что *современная атомная физика находится в тупике, в котором она оказалась, приняв на вооружение квантово-механическую методологию*. Не решив ни одной практической проблемы, она перекрыла официальные пути к созданию науки о веществе на основе рационального понимания природы и механизмов формирования атомов и молекул.

По своей сути сегодняшний этап атомной физики следует охарактеризовать как финалистский. Следуя этому определению, развитие атомной физики завершено в силу принципиальных ограничений, возникающих в процессе

познания сущности атома. Эти ограничения сформулированы в виде принципа неопределенности Гейзенберга, который в конечном итоге сводится к тому, что положение электрона в атоме определить невозможно и что на атомном уровне вступают в силу новые законы, принципиально отличные от классических законов макроскопических объектов [6]. Данная парадигма легла в основу построения так называемой Копенгагенской доктрины, разработанной в 20-х годах XX столетия Н. Бором, В. Гейзенбергом, М. Борном, П. Дираком, В. Паули, Дж. фон Нейманом. Согласно данной доктрине свойства микрообъектов являются специфически квантово-механическими (неклассическими); с другой стороны, утверждается, что эти свойства характеризуют скорее лабораторные операции (но не частицы материи), которые можно описать только классическим способом. Согласно копенгагенской доктрине: «Не существует автономных квантовых событий, а только зависящие от наблюдателя квантовые элементы; то, что существует в том или ином квантовом состоянии, порождается наблюдением». Именно это утверждение не согласуется с повседневной практикой. Все, что нас окружает – это в конечном итоге атомно-молекулярные системы и для их существования и функционирования нет необходимости в стороннем наблюдателе. Да и сам наблюдатель – это атомно-молекулярный объект и его существование не требует непрерывного наблюдения за состоянием атомов и молекул, его составляющих. Налицо явное противоречие: квантово-механические символы имеют отношение к неклассическим (= классическим) фактам [6]. Источником данного противоречия выступает утверждение, что физическая теория не дает приемлемого описания реальной действительности; она лишь описывает человеческий опыт. Конечно, такая позиция совершенно неприемлема для большей части научного сообщества. Нельзя создать физическую теорию, исходя из нефизических предпосылок, таких, как постулат о невозможности существования автономных (независимых от наблюдателя) структур. Фактически ортодоксальная интерпретация квантовой механики отрицает собственно физику, подчиняя ее психофизиологии человека-наблюдателя.

Показательно, что основоположники квантовой механики – А. Эйнштейн, Луи-де-Бройль, Э Шредингер, М. Планк были противниками вероятностной интерпретации микропроцессов. Для Эйнштейна квантовая механика была сугубо статистической теорией, а волновая функция имела смысл описания вероятностных свойств микрочастиц по ансамблю. Приблизительно такой же позиции придерживался и Шредингер.

Приходит отрезвление и осознание ограниченных возможностей квантовой механики как научной теории вещества и тем более как основы научного мировоззрения. Становятся понятными причины заблуждений и ошибок, лежащих в основании квантовой механики. Одним из распространенных мифов является утверждение, что квантовая механика стала необходимым условием для становления и развития ведущих областей знания – химии, электроники, оптики, материаловедения. Но квантовая механика как метод теоретического описания вещества здесь ни при чем. Термин «квантовый» относится только

к объекту исследования, характерной особенностью которого выступает признак дискретности (атомная дискретность, дискретность энергетических состояний атомов). Все, что приписывается квантовой механике со ссылкой на практические результаты и достижения – это не более чем иллюзорные достижения, когда желаемое выдается за действительное.

В этом отношении характерно еще одно общепринятое заблуждение. В учебной и монографической литературе и даже в текстах критического содержания встречаются ссылки (в полной уверенности на их достоверность) на то, что выводы квантовой механики имеют «превосходное» экспериментальное подтверждение. Под этим подразумевается идея самосогласованного поля (*ab initio*) и уравнение Шредингера для атома водорода. Но уравнение Шредингера не имеет физического смысла, а его решение – это не более чем подгонка под известный результат, ранее полученный в рамках теории атома Бора (1913 г.) [5, 6]. Фактически произошла историческая фальсификация выводов исходных положений квантовой механики.

В настоящее время глубокий и беспристрастный анализ принципиальных возможностей квантово-механического описания выполнен в ряде основополагающих работ, в первую очередь работ Аккарди Д., Вильфа Ф., Гризинского М., Демьянова В.В., Хренникова А., Шаляпина А.Л., Шпенькова Г.П., и др. [6]. Исследования в области построения неоклассической атомной физики ведутся широким фронтом, хотя возможности проведения этих исследований ограничены в силу монополистического положения в атомной физике квантово-волновой парадигмы.

Сегодня дискуссия о концептуальных основах атомной физики приобрела особую значимость в связи с практической потребностью в теоретическом обеспечении высоких технологий. Интерес к основаниям квантовой механики также резко возрос в связи с интенсивными исследованиями в области создания квантовых компьютеров, криптографии и телепортации. Данное обстоятельство предполагает очередной виток дискуссии основ квантовой механики на принципиально ином уровне, отличающемся своей практической направленностью.

4. Атом – ключ к созданию высоких технологий

На всех этапах становления атомистики идея атомизма выступала как движущий потенциал эволюции в миропонимании и мировоззрении. Атом представляет систему взаимосвязанных элементарных положительных и отрицательных зарядов. Описание атомов достигается в рамках теории динамических систем. Анализ имеющихся на сегодняшний день данных по свойствам атомов позволил преодолеть квантовомеханический постулат о непостижимости атома и разработать электронную теорию атома на основе классических законов механики, электростатики и электродинамики. Автором предложена диполь-оболочечная модель, в рамках которой удалось установить природу и механизм формирования многоэлектронных атомов, в основе понимания которых лежит атом водорода [6, 8].

Атом водорода. В основе понимания строения атома водорода лежит планетарная модель Резерфорда-Бора, которая сегодня получила всестороннее обоснование [6, 8]. Согласно данной модели атом водорода представляет систему жестко связанных между собой тяжелого ядра и вращающегося вокруг него легкого электрона. Описание атома ведется в рамках так называемой кеплеровой задачи (задачи о движении планеты вокруг солнца), в основе решения которой лежат законы сохранения энергии ϵ и момента количества движения L . В общем случае движение электрона по эллиптической орбите описывается с помощью одноэлектронного уравнения [6]

$$\epsilon(r) = \frac{m}{2} \dot{r}^2 + r^2 \omega^2 - \frac{Ze^2}{r} \quad \text{и} \quad L = mr^2 \omega \quad (1)$$

где eZ – заряд ядра атома. В предельном случае кругового движения $r = 0$ уравнение (1) можно представить в виде

$$\epsilon(r) = \epsilon_K + \epsilon_{\Pi} = \frac{L^2}{2mr^2} - \frac{Ze^2}{r}, \quad (2)$$

где r – действительное расстояние между ядром и электроном; L – момент количества движения, равный $L = mvr$; v – орбитальная скорость движения электрона с массой m ; eZ – заряд ядра.

Первое слагаемое энергии $\epsilon(r)$ по (2) представляет кинетическую энергию движения электрона, а второе слагаемое – потенциальную энергию кулоновского взаимодействия заряда $+eZ$ с электроном. Решением данного уравнения является энергия связи

$$\epsilon = -\frac{Ze^2}{2r}.$$

При $Z = 1$ получаем выражение для энергии связи атома водорода $\epsilon_H = -\frac{e^2}{2a_B}$, соответствующая боровскому радиусу a_B .

Атом гелия также как атом водорода не имеет внутренних оболочек, и взаимодействие между ядром и электронами носит сугубо кулоновский характер. В основе понимания строения атома гелия стала идея эллиптических электронных орбит. Два электрона атома гелия образуют две эллиптические орбиты с общим фокусом на ядре. Они связаны между собой благодаря тому, что каждый из электронов находится в центральном поле общего для них потенциала ядра. В силу симметрии электроны в атоме гелия неразличимы и энергетически вырождены. Данное обстоятельство позволяет рассматривать 3-х частичную систему как совокупность двух относительно независимых двухчастичных подсистем ядро – электрон. Каждая из подсистем имеет точное описание своей структуры, обеспечивая возможность точного решения уравнения движения. Движение электронов в такой системе можно рассматривать в рамках задачи Кеплера, наподобие (1) и (2) [6, 9]. Электроны образуют с ядром пару локальных дипольных моментов, равных по величине и обратных по направлению, так что результирующий дипольный момент атома гелия равен нулю. Электрическая нейтральность атома объясняет его низкую химическую активность.

Атом гелия является ключевым для понимания природы и механизма формирования эллиптических орбит многоэлектронных атомов [6, 9].

Атомы щелочных металлов. По своей структуре атомы I группы таблицы Менделеева являются водородоподобными. Они имеют по одному валентному электрону на внешней оболочке и квазисферический остов атома [6, 10]. В приближении недеформируемого остова атомы I группы в электрическом отношении подобны атому водорода. Из этого подобия следует, что к описанию щелочных металлов (атомам I группы) может быть привлечена планетарная модель атома и соответствующая этой модели классическая теория. В качестве притягивающего центра в атоме выступает положительный заряд q остова как единое целое. Это означает, что многочастичную задачу атомов I группы можно свести к двухчастичной задаче, т.е. к задаче нахождения основных параметров движения вращающегося электрона в центральном поле заряда q остова атома.

Атомы II группы имеют по два валентных электрона на своих эллиптических орбитах, которые расположены симметрично относительно ядра атома. Они имеют такое же строение, как у гелия и представляют систему из остова, имеющего положительный заряд $+2q$, и двух электронов, обращающихся вокруг остова по эллиптическим орбитам. Отличие лишь в наличии у них внутренних оболочек [6, 10].

Атомы III группы. Логично предположить, что у атомов III группы три валентных электрона образуют три относительно независимые эллиптические орбиты в виде электронного треугольника [6, 10].

Атомы IV группы. Соответственно внешняя оболочка атомов IV группы имеет четыре относительно независимые эллиптические орбиты, которые образуют высокосимметричную тетраэдрическую конфигурацию [6, 10].

Атомы V группы. Наблюдаемое у предшествующих атомов I-IV групп последовательное увеличение пространственной размерности, начинающееся с нулевой (точка) размерности и завершающееся 3-х мерной (тетраэдр) размерностью, сменяется принципиально другим способом увеличения емкости оболочек. Это достигается путем уплотнения электронных конфигураций за счет связывания независимых эллиптических орбит в гелийподобные конфигурации. При этом 3 эллиптические орбиты формируют треугольное основание пирамиды и 2 эллиптические орбиты, образуют вершины данной бипирамиды [6, 10].

Атом VI группы. Следуя принятому выше подходу, внешние оболочки атомов образованы 6-ю независимыми эллиптическими орбитами. В условиях действия центрального поля ядра (остова) валентные электроны образуют гексаэдрическую конфигурацию с двумя незаполненными вершинами [6, 10].

Атомы VII группы. Наиболее вероятной конфигурацией атомов VII группы соответствует кубическая модель с одной вакантной вершиной. Согласно данной модели три пары связанных эллиптических орбит электронов выстраиваются вдоль трех диагоналей воображаемого куба и один электрон занимает одну из свободных вершин данного куба [6, 10].

Атомы VIII группы. Валентные электроны атомов благородных газов образуют гексаэдрическую (кубическую) конфигурацию, согласно которой электроны локализованы в положении вершин воображаемого куба [6, 10].

Наблюдаемая в группах закономерность в формировании атомов таблицы Менделеева является следствием *принципа центрального поля ядра*, согласно которому образование каждого последующего атома обусловлено увеличением заряда ядра у предшествующего атома на единицу $+e$. Образованный таким образом положительно заряженный ион становится активным центром притяжения, способным к захвату электрона и образованию электрически нейтрального атома. Способность к последовательному присоединению единичных зарядов к предшествующему атому, по сути, раскрывает *механизм самоорганизации атомов* в эволюционном процессе формирования вещественной материи.

Фактически принцип центрального поля лежит в основе построения существующей системы элементов. Благодаря этому принципу оболочки атомов имеют правильную геометрическую конфигурацию, а энергии связи электронов вырождены. Движения электронов на своих орбитах строго синхронизированы (за счет сил взаимного отталкивания электронов друг от друга), представляя соответствующую вращающуюся фигуру с частотой обращения электронов на своих орбитах [6, 10].

Общим для всех атомов являются *дипольное строение*, которое лежит в основе понимания механизма формирования ковалентных связей, которые обеспечивают образование молекул и химических соединений естественных веществ. Именно *дипольность атомов предопределяет меру активности атомов в процессах межатомных взаимодействий и объясняет природу самоорганизации атомов*.

Структура внутренних оболочек атомов формируется по общим для всех атомов таблицы Менделеева принципам в соответствии с диполь-оболочечной моделью. Внутренние оболочки не оказывают практического влияния на характер межатомных взаимодействий [6, 10].

5. Физические основы атомно-молекулярной сборки

В основе сегодняшних представлений о структурообразовании вещества лежит понятие *химической связи*. Количественной мерой химической связи является энергия связи атомов, образующих молекулу или вещество. Трудности построения теории химической связи обусловлены недостаточным пониманием характера и механизмов структурообразования вещества в процессах его самоорганизации. Сегодня эти трудности преодолены.

Рассмотренная в разделе 2 *планетарная модель атома водорода* органически сопряжена с так называемой *моделью кольца на оси молекулы* [7], в рамках которой дается описание ковалентной связи. Именно ковалентная связь выступает в качестве связующего звена между атомным и молекулярным уровнями. Ковалентная связь является логическим продолжением электронного строения атомов, когда молекулярная орбита представляет результат

обобществления электронных орбит атомов, образующих молекулу. В данной модели электрон на вновь образованной молекулярной орбите находится в центральном поле, созданным симметрично расположенными относительно центра масс зарядами протонов (остовов).

Для такой системы уравнение движения электрона имеет водородоподобный вид [6, 7]

$$\varepsilon(r) = \frac{L^2}{2mr^2} - \frac{q^2}{r}, \quad (3)$$

где L – момент количества движения электрона, $L = mva$, m – масса электрона, v – скорость обращения электрона по круговой орбите радиусом a ; q – эффективный заряд, создаваемый парой протонов. Здесь первое слагаемое представляет кинетическую энергию движения электрона на круговой молекулярной орбите с учетом центробежного отталкивания от эффективного заряда q , и второе слагаемое – потенциальную энергию притяжения электрона к заряду q .

Обращает на себя внимание одинаковая структура и подобие уравнений (1) и (3). В этом подобии описания динамики электронов содержится присущая атомно-молекулярному уровню структурная преемственность. Атомные орбиты в процессе образования молекулы обобществляются на молекулярной орбите. Тем самым присущая атомам устойчивость естественным образом передается молекуле.

Логическую преемственность и обусловленность связи между атомом и молекулой можно проиллюстрировать на примере простейшей молекулярной системы, каковой является молекулярный ион водорода H_2^+ . Он представляет собой два протона и электрон, вращающийся по круговой орбите. Плоскость круговой орбиты перпендикулярна оси молекулы и располагается посередине между протонами.

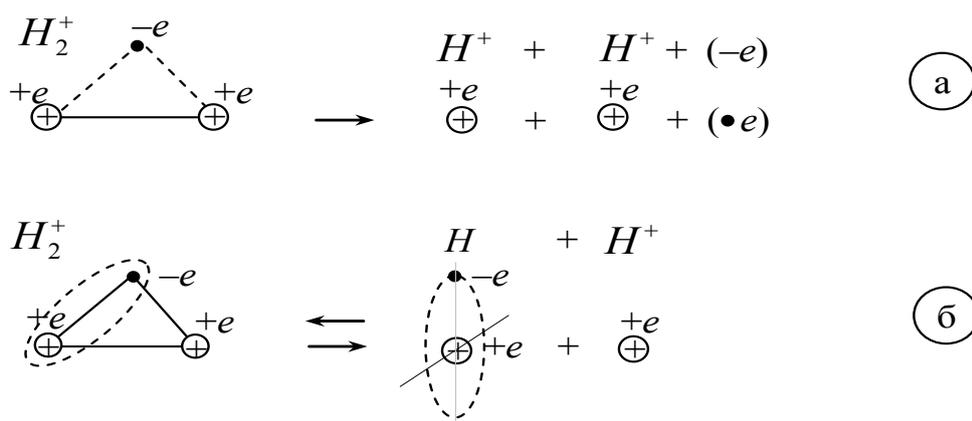


Рис. 2. Схема реакций диссоциации (а) и ионизации (б) молекулярного иона водорода

Образование иона H_2^+ обусловлено взаимным притяжением заряда протона H^+ и диполя p атома H согласно $u = -\frac{ep}{r^2} \cos\varphi$, где φ – угол между направ-

лением диполя p и линией связи между протонами. В результате плоскость круговой орбиты электрона смещается в направлении к протону H^+ вплоть до достижения связанной двухцентровой структуры H_2^+ (рис. 2б).

В данной модели электрон на круговой орбите находится в центральном поле, создаваемым симметричными относительно центра масс зарядами протонов (рис. 2). Для такой системы движение электрона по молекулярной орбите принимает водородоподобный характер в полном соответствии с уравнением (3). Оно же объясняет механизм связывания протона H^+ с атомом водорода H [7].

Устойчивость данной системы достигается благодаря балансу сил притяжения между электроном и каждым из протонов, с одной стороны, и сил отталкивания между протонами, с другой стороны, так что [7]

$$u = u_{\text{пр}} + u_{\text{от}} = -\frac{2e^2l}{2b^2} + \frac{e^2}{l}, \quad (4)$$

где $u_{\text{пр}}$ и $u_{\text{от}}$ – энергии притяжения и отталкивания, l – межядерное расстояние, b – расстояние электроном и каждым из ядер, $b^2 = a^2 + \frac{l^2}{4}$; a – радиус круговой орбиты. Первое слагаемое в (4) отвечает за притяжение электрона каждым ядром, второе слагаемое – за взаимное отталкивание ядер.

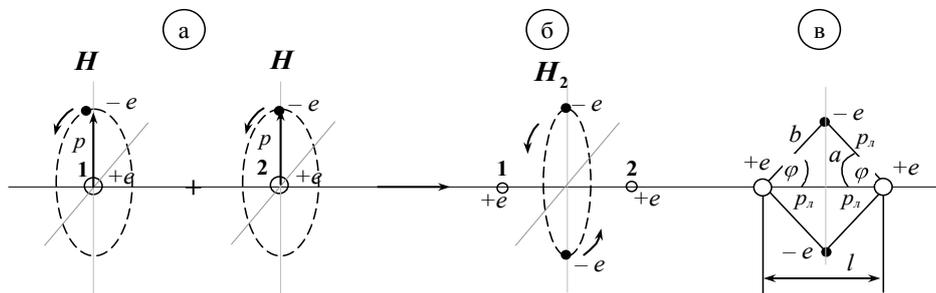


Рис.3. Схема формирования двухэлектронной ковалентной связи:

a – исходное состояние атомов водорода;

б – молекула водорода H_2 ;

в – эквивалентная схема молекулы водорода

Другим наглядным примером преемственности атомного и молекулярного уровней может служить **молекула водорода**. Согласно модели *кольца на оси молекулы* электроны вступающих во взаимодействие атомов обобществляются на круговой орбите, образуемой посередине между ядрами в плоскости, перпендикулярной оси молекулы. Образование такой конфигурации возможно, если связывание атомов будет происходить по плоскостям их орбит, перпендикулярных линии связывания атомов (рис. 3).

На рис. 3а показаны атомы, соответствующие планетарной модели Резерфорда-Бора. Пунктиром показаны круговые орбиты атомов H в их невозмущенном состоянии. Ядро и электрон жестко связаны между собой, образуя дипольный момент (показаны стрелками). На относительно больших расстояниях между атомами действуют преимущественно электрические силы притяжения, возникающие между двумя диполями, так что $u = -\frac{2p^2}{r^3} \cos\varphi$, где r – межатомное расстояние, φ – угол между осями диполей p [7, 11]. По мере сближения атомов диполи стремятся к взаимной ориентации типа $\downarrow\uparrow$, при которой энергия взаимодействия между ними максимальна. На расстояниях порядка $r \approx 1\text{Å}$ энергия притяжения атомов водорода достигает величины $r \approx (6 \div 8)$ эВ. Этой энергии достаточно для того, чтобы обеспечить взаимное «проникновение» атомов. На расстояниях между ядрами $r < 2a_B$, при которых электронные оболочки «перекрываются», взаимодействия приобретают характер заряд-зарядовых. Электрон одного атома попадает в поле притяжения ядра другого атома, и наоборот. При дальнейшем сближении атомов 1 и 2 возникают силы отталкивания между ядрами и электронами, принадлежащими разным атомам (рис. 3). В результате устанавливается состояние равновесия

$$u_{H_2} = u_{\text{пр}} + u_{\text{от}} = -\frac{4e^2l}{2b^2} + \frac{e^2}{l}, \quad (5)$$

где первое слагаемое представляет энергию притяжения каждого из ядер парой электронов, орбита которых лежит в плоскости, перпендикулярной оси молекулы; второе слагаемое отвечает за взаимное отталкивание ядер; l – межъядерное расстояние в состоянии равновесия; $b^2 = a^2 + \frac{l^2}{4}$; a – радиус молекулярной орбиты, $\frac{l}{2b} = \sin\varphi$, $u = 2u_0 \sin\varphi$, $u_{\text{пр}} = -\frac{2e^2l}{2b^2}$. Схема распределения зарядов для данной модели приведена на рис. 3в.

Рассмотренный на примере молекулы водорода механизм формирования ковалентной связи лежит в основе образования подавляющего большинства молекул, включая, как простейшие двухатомные, так и многоатомные молекулы. Этот вопрос подробно рассмотрен в работе [7].

Сегодня Человечество вплотную подошло к решению проблемы создания искусственных веществ и материалов. Стало ясно, что природа и механизм формирования вещества определяется электронным строением атомов и всецело им обязано. Химическая эволюция объектов природы шла по пути отбора наиболее совершенных и наиболее приспособленных к условиям окружающей среды молекулярных структур. Надо полагать, что в основе создания искусственных систем должны лежать те же законы структурообразования, которые присущи природным процессам самоорганизации атомов и молекул. Их объединяют высокая активность атомов, проявляющаяся в стремлении присоединить к себе «недостающий» атом в процессе образования межатомных связей.

В концептуальном отношении для постановки и осуществления атомно-молекулярной сборки в настоящее время имеется все необходимое. Природа предоставила широкий выбор исходных структурных элементов (из числа атомов и молекул) с заданной конфигурацией и заданными размерами. Между собой эти элементы могут быть соединены с помощью ковалентных (химических) или физических (ван-дер-ваальсовых) связей в зависимости от ожидаемых конструкционных и функциональных особенностей проектируемых наносистем.

При наличии наноманипулятора процедура сборки того или иного изделия предельно проста и сводится к последовательному присоединению отдельных атомов (или молекул) или использованию некоторой молекулы подходящей конфигурации как заготовки, которую нужно довести до желаемой формы «механическим» удалением лишних фрагментов и присоединением недостающих атомов и/или функциональных групп. Операция присоединения–отсоединения атомов (молекул) относится к числу основных технологических приемов будущего гипотетического нанопроизводства. При этом качество «сварки» (сцепления) атомов целиком и полностью определяется свойствами самих атомов. Для успешного осуществления атомно-молекулярной сборки необходимо знать параметры отдельных элементов («деталей») и способ их соединения (сборки) – это размеры атомов и молекул, энергия связи (как мера прочности) и способность атомов к самосвязыванию.

В качестве алгоритма создания вещества или нанои изделия выступает их структурная формула. Сегодня для ее практической реализации задачи разработана теория атомно-молекулярной сборки, которая фактически сводится непосредственно к инженерным расчетам отдельных межатомных и межмолекулярных связей. В рамках данной теории могут быть сформулированы простые правила по выбору атомов и молекул как строительных элементов, а также разработаны инструкции по осуществлению основных операций наносборки («сварка», «склеивание», выполнение ответвлений, поворотов, отсоединение-присоединение и т.д.).

Таким образом, наличие теории электронного строения атомов и молекул позволяет разработать теорию атомно-молекулярной сборки, которая в свою очередь позволяет разработать алгоритм управления атомно-молекулярным манипулятором и создать соответствующее программное обеспечение как интеллектуальную основу этих манипуляторов. Так что, сегодня имеются все необходимые условия для создания программно управляемого атомно-молекулярного манипулятора как основы будущих нанопроизводств.

Список литературы

1. *Нанотехнологическая дорожная карта. Производственные наносистемы. Обзор технологических перспектив. // Российские нанотехнологии. – 2009. – № 3–4. – С. 31–36; Производственные наносистемы. Обзор технологических перспектив», – дорожная карта, разработанная по заказу Министерства энергетики США.*
2. *Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. – М.: 2008.*

3. *Нанотехнология в ближайшем десятилетии / Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса, П. Аливисатоса. – М.: Мир, 2002. – 292 с.*
4. *Альтман Ю. Военные технологии. – М.: Техносфера, 2008.- 424с.*
5. *Потапов А.А. Высокие технологии: алгоритм управления веществом. LAP LAMBERT Academic publishing. 2016. 122с.*
6. *Потапов А.А. Ренессанс классического атома. – М.: Издат. дом «Наука», 2011. – 444 с.; Потапов А. Ренессанс классического атома. Физические основы электронного строения атомов. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 444 с.*
7. *Потапов А.А. Природа и механизмы связывания атомов. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2013. – 299с.*
8. *Потапов А.А. Минеев Ю.В. Планетарная модель атома водорода и водородоподобных структур. Бутлеровские сообщения. 2015. Т.44. №11. С.1-15. ROI: jbc-01/15-44-11-1*
9. *Потапов А.А. Гантелеобразная модель атома гелия. Бутлеровские сообщения. 2017. Т.50. №4. С.96-104. ROI: jbc-01/17-50-4-96*
10. *Потапов А.А. Динамическая структура атомов. Бутлеровские сообщения. 2016. Т.48. №11. С.123-143. ROI: jbc-01/17-48-11-123*
11. *Потапов А.А. Деформационная поляризация: поиск оптимальных моделей. – Новосибирск: Наука, 2004. – 511 с.*

Библиографическая ссылка: Потапов А.А. Высокие технологии: сегодня и завтра // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 207-222

Article reference: Potapov A.A. High technology: today and tomorrow // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 207-222

Краткие сведения о библиографии, наукометрии и различных индексах

От редакции. Данная статья является одной из последних публикаций профессора, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки РФ Владимира Николаевича Романенко. Профессор Романенко ушел из жизни 28 сентября 2017 года. Редакция журнала «НБИКС-Наука. Технологии» приносит искренние соболезнования родным и близким Владимира Николаевича. С материалами, посвященными памяти профессора Владимира Романенко, можно ознакомиться на портале Нанотехнологического общества России <http://rusnor.org>. Сайт профессора Романенко vladimirromanenko.ru

Романенко В.Н.
*профессор, доктор технических наук,
Северо-Западное отделение Академии информатизации образования
Гатчина, Ленинградская область, Россия
Председатель совета отделения,
заслуженный деятель науки РФ,
E-mail : putyatino1941@mail.com*

Никитина Г.В.
*профессор, доктор педагогических наук,
Северо-Западное отделение Академии информатизации образования,
Гатчина, Ленинградская область, Россия.
Заместитель председателя совета отделения,
заслуженный деятель науки и образования РАЕ,
E-mail: posadskaya22@gmail.com*

Аннотация: Рассматриваются проблемы понятийной научной терминологии в наукометрии. Особое внимание уделяется использованию ключевых индексов, их сложившейся применимости в библиографическом деле. Обсуждается использование индексов в качестве усредненных оценок и ограничения при использовании их без экспертной оценки для рейтингования работ отдельных исследователей, научных журналов, учебных заведений. Сравниваются надежность и доступность различных баз данных научных публикаций. Приводится ряд практических рекомендаций.

Ключевые слова: Наукометрия, индекс цитирования, индекс Хирша, ключевые слова(дескрипторы), закон Брэдфорда-Ципфа, эффект Даннинга-Крюгера, базы данных публикаций, импакт-фактор, SNIP, Research Gate, LinkedIn

Brief information on bibliography, sciencemetrics and various indexes

Romanenko V.N.

professor, Ph.D.

North-Western Branch of Academy of Informatization in Education

Gatchina, Leningrad district, Russia

Chairman of Council.

Honored Scientist of Russian Federation,

E-mail:putyatino1941@gmail.com

Nikitina G.V.

professor, Ph. D.

North-Western Branch of Academemy of Informatization Technologies in Education Gatchi-

na, Leningrad district. Russia.

Vice-Chairmen of Council.

Honored worker of science and education of RAE,

E-mail:posadskaya22@gmail.com

Abstract: The problems of conceptual scientific terminology in sciencemetrics are considered. Particular attention is paid to the use of key concepts, their traditional applicability in the bibliography. The use of indexes as averaged estimates and limitations when using them without expert judgment for rating the researchers, scientific journals, educational institutions is discussed. Reliability and availability of various databases of scientific publications are compared. A number of practical recommendations are given.

Keywords: Scientometry, citation index, Hirsch index, keywords (descriptors), Bradford-Zipf law, Dunning-Krueger effect, publications database, impact factor, SNIP, Research Gate, LinkedIn.

Краткие сведения о библиографии, наукометрии и различных индексах

Авторские пояснения

В течение последнего времени во многих серьёзных популярных изданиях, а также в периодической печати широко обсуждаются вопросы, которые связаны с использованием численных характеристик для оценки эффективности творческой работы исследователей. В подавляющем большинстве случаев эти методы оцениваются отрицательно. В то же самое время многие профессионалы давно и успешно используют эти методы в своей практиче-

ской работе. Как всякое малоизвестное дело соответствующие приёмы и методики имеют и положительные, и отрицательные стороны. При этом, как это часто бывает в жизни, отрицательные стороны указанных методов чаще всего связаны с неоправданным применением их для тех целей, для которых они в действительности не предназначаются. В то же время в дискуссию по этим вопросам нередко вовлекаются люди, которые о проблеме и методах в этом поле деятельности всерьёз не осведомлены. По этой причине в ноябре 2015 года по просьбе редколлегии электронного журнала *«Наука и жизнь Израиля»* нами была опубликована статья, которая называлась *«Немного о библиографии, наукометрии и различных индексах»*.

Тогда, в 2015 году, готовясь написать статью, мы столкнулись с набором вопросов, сформулированных редактором и читателями. Мы сочли разумным для ответа на эти вопросы дать ряд исторических пояснений. Они связаны с необходимостью объяснить, что такое наукометрические индексы, как их вычисляют и, наконец, какова польза от их использования. Скажем прямо: нет ничего проще, как описать алгоритм вычисления этих индексов. Затем можно привести несколько численных примеров, собрать воедино разные отзывы и рекомендации и на этом закончить обсуждение.

К сожалению, реальная ситуация более многоплановая. Исходный интерес к показателям, которые описываются упомянутыми индексами, возник при решении совсем не тех задач, которые сейчас волнуют научную общественность. По этой причине мы рискнули расширить круг рассматриваемых вопросов. Это позволило нам описать проблему наукометрических исследований в целом. Естественно, глубина описания при этом не может быть очень значительной. Иными словами то, что мы предложили тогда нашим читателям, было просто упрощённым кратким изложением общей проблемы. При этом нашей главной задачей была отнюдь не оценка методов использования наукометрических индексов в повседневной научно-административной практике. Нашей задачей было объяснение заинтересованным читателям внутренней сути наукометрических исследований.

Интерес к статье показал, что наш подход был правильным. За прошедшие два года, что в целом срок небольшой, ситуация с восприятием использования наукометрических методов в административной практике мало изменилась. У нас же за это время накопилось некоторое количество нового материала. Именно по этой причине мы решились заново отредактировать текст нашей работы, дополнить его рядом соображений и опубликовать его уже в России. Предлагаемый далее материал и является результатом этой переработки.

Казалось бы, что сказанное выше полностью проясняет ситуацию, и мы можем приступать к основному материалу. На самом деле нужно сделать ещё несколько дополнительных пояснений. Они опираются на наш личный опыт. Интерес к проблемам библиографии и наукометрии возник у авторов, как следствие изучения методов поиска и представления научной информации, описания основ техники эксперимента и т. п. Первую серьёзную книгу этого

плана мы издали в 1987 году. Она называлась «*Книга для начинающего исследователя-химика*» (Издательство «Химия» ЛО).[9]. С пиратской (Увы!) копией этой книги можно ознакомиться в Интернете. В те времена, когда эта книга печаталась, издание книг длилось несколько лет. Во всяком случае наша рукопись была сдана в издательство ещё осенью 1985 года. Вопросы индексов цитирования и другие сопряженные темы были освещены в книге с позиций их использования для поиска нужной информации. С тех пор в повседневную практику вошли методы сетевого поиска, и следующие наши книги[7,8], выпущенные в свет издательством «Профессия» были посвящены уже сетевым методам работы с информацией. При желании их можно скачать из Интернета. Краткое изложение методик поиска есть и в ряде наших статей в электронных журналах.

Обо всём этом можно было бы и не писать. Если бы не **одно но...** Подготовка специалистов и в России, и в других странах требует обучения методам поиска информации. Еще в 1986 году нами в экспериментальном порядке был прочитан такой курс для российских и финских студентов. Ныне под разными названиями такие занятия проводятся практически повсеместно. Пришлось заниматься этим и нам. Такие занятия включают в себя не только теорию, но и решение практических задач и упражнения в компьютерных классах. (Желающие могут ознакомиться с рядом наших англоязычных публикаций на эту тему, зайдя на персональный сайт авторов по URL-адресу: <http://vladimirromanenko.ru>)[6].

Проводя такие занятия, любой преподаватель сталкивается с рядом осложнений этического характера. Возьмём простой и достаточно отвлечённый пример по первому знакомству с новой институцией на основе её электронного адреса. Любой опытный преподаватель скажет, что если у организации имеется только т.н. *Свободный электронный адрес*, то есть что-нибудь вроде *****@mail.com или ****@yandex.ru, то, скорее всего, это организация не очень солидная, т.к. у неё нет даже небольших денег для поддержания собственного постоянного адреса. Далее обычно говорится и о том, что чем меньше доменов в адресе, тем более серьёзна организация, затем указывается на то, что нужно обязательно следить за периодичностью обновления материала (сроки *last update*) и т.д. Это достаточно элементарные вещи и преподаватели особо не задумываются о примерах. Просто говорят: «*Возьмите пару адресов и посмотрите, а потом сделайте оценку*».

Казалось бы, что тут плохого. Но на практике почти всегда на следующем занятии последует вопрос о том, почему например на кафедре **А** с адресом и обновлением всё в порядке, а на соседней кафедре **В** сплошное безобразие. В дальнейшем при чтении курса студенты начинают сами определять индексы цитирования своих преподавателей и т. д. Такие ситуации возникают постоянно и часто приводят к неприятным ситуациям. Как следствие у большинства людей сталкивавшихся с такими коллизиями вырабатывается привычка избегать конкретных примеров и стараться проводить изложение в упрощённом, абстрагированном виде. Именно по этой причине мы строим наш текст

опираясь на весьма обобщённые и неконкретные ситуации или же ссылаясь либо на очень хорошо известные факты, либо на наш личный опыт. Такой стиль изложения исходит из нашего опыта. Он не является следствием некой надуманности разных случаев, которые упоминаются в качестве примеров.

Немного истории

Вселенная неоднородна. Её части – объекты, имеют начало и конец, а также пространственное протяжение. Объекты взаимодействуют между собой. Это взаимодействие реализуется посредством потоков. Три важнейших типа потоков – это вещество, энергия и информация. Взаимодействие потока и вещества меняет объект. Если взаимодействие не меняет кардинальную структуру объекта, то речь идёт об отражении. Объекты неживой материи отражают другие объекты пассивно. Скажем, меняется поток излучения и в результате меняется температура объекта. Объекты живой природы взаимодействуют с окружающим миром активно. Например, живая клетка реагирует на свет посредством движения. Если упрощённо говорить о человеке, то его активная реакция на внешний мир такова, что он может не только запоминать воздействие внешнего мира, но и передавать свой опыт другим людям. Для простоты можно говорить о запоминании и передаче информации. На самом деле правильнее было бы говорить о том, что информация – это некий продукт, возникающий при взаимодействии мозга и сигнала. Такая точка зрения не является всеобщей и мы в эти тонкости вникать не будем.

Передача информации (коммуникация) в течение эволюции человека претерпела несколько кардинальных изменений. Их принято называть информационными революциями. Историки культуры ведут счёт информационных революций по-разному. Не вдаваясь в тонкости, можно сказать, что первой информационной революцией человечества было появление устной речи. Передачей информации, то есть неким языком, обладают и животные. Это, прежде всего, язык знаков и язык запахов (передача информации особыми молекулами – феромонами). Человек тоже использует эти языки, хотя после появления речи эти способы коммуникации отодвинулись на задний план.

Наша планета существует около 4,5 млрд. лет. Первые человекоподобные существа появились в промежутке 35000-100000 лет тому назад. Мы можем приблизительно оценить период, когда у людей появилась письменность. Произошло это по меркам срока жизни нашей планеты совсем недавно: около 6000 лет тому назад. Этот процесс происходил независимо в разных местах планеты. На этом пути было несколько этапов: иероглифы, слоговое письмо, алфавитное письмо. Некоторые культурологи рассматривают эти этапы, как отдельные информационные революции. Тут спорить бессмысленно – это дело вкуса. Алфавитное письмо сначала появилось без гласных. Это произошло на просторах Малой Азии. Гласные были изобретены древними греками. Переход к алфавитному письму от иероглифов занял около 2000 лет.

Когда говорят о развитии технико-технологической сферы и социальных изменениях, обычно обращают внимание на то, что скорости эволюционных процессов всё время ускоряются. Это, вне всякого сомнения, справедливо. Тем не менее, надо учитывать, что на объективные законы накладываются и некоторые чисто психологические эффекты. Один из них связан с тем, что по мере удаления вглубь времён, мы имеем меньше конкретной информации и определяем время событий со всё возрастающей погрешностью. Чтобы убедиться в этом, достаточно мысленно вспомнить события текущего или вчерашнего дня и события, произошедшие лет 20 тому назад. Говоря о таких вещах люди обычно сетуют на плохую память. На самом деле способность забывать очень важная и во многом полезная вещь. Пусть читатель мысленно представит себе, что бы с ним было, если бы он до сих пор помнил все события в песочнице, когда он был двух-трёхлетним ребёнком. Представьте себе, как было бы в этом случае сложно разбираться в событиях своей жизни.

Однако есть более важный и существенный эффект: он связан с потребностью обобщать и сгущать события. Рассмотрим простейший исторический пример: появление телеграфа. Нередко для простоты говорят о появлении первых электрических способов передачи сигналов на большие расстояния. В этом случае пытаются привязать начало эры передачи сигналов к появлению азбуки Морзе (около 1837 года). Однако до этого первый аппарат, использующий электрические явления, был опробован Лессажем в 1774 году. Это достаточно узкий интервал времени.

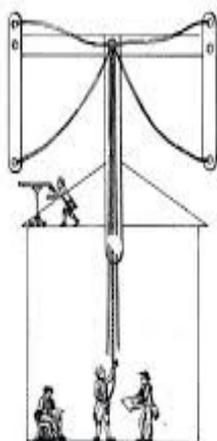
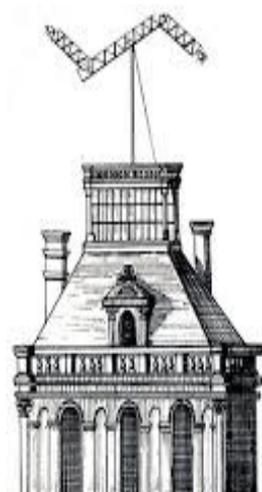


Рис. 1. Идея семафорного телеграфа и наблюдение за его сигналами

Рис. 2. Способ шифровки букв на семафорном телеграфе

Более вдумчивый анализ отсылает нас к так называемому телеграфу Шаппа, использовавшему принцип семафора, который пришёл туда из телеграфии. Некоторые виды таких телеграфных башен, использовавших световые сигналы, связанные с крыльями семафора, изображены на рисунках 1 и 2.

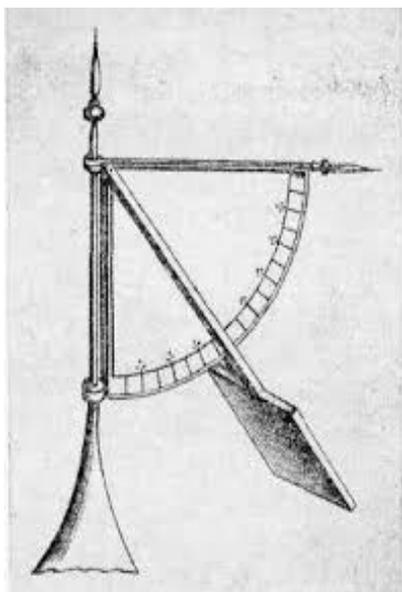
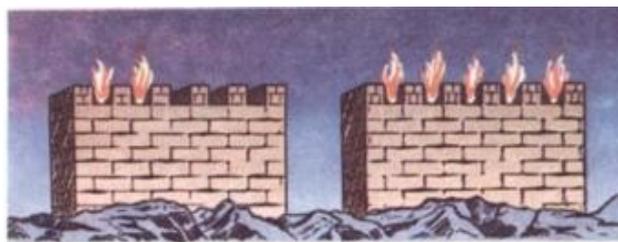


Рис. 3. Передача буквенного сообщения механическим устройством



<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Г</i>	<i>Δ</i>	<i>E</i>
<i>Z</i>	<i>H</i>	<i>Θ</i>	<i>I</i>	<i>K</i>
<i>Λ</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>Ξ</i>	<i>O</i>
<i>Π</i>	<i>P</i>	<i>Σ</i>	<i>T</i>	<i>Υ</i>
<i>Φ</i>	<i>X</i>	<i>Ψ</i>	<i>Ω</i>	

Рис. 4. Передача букв световым телеграфом Древнего мира

Если же внимательно посмотреть на историю Древнего мира, то окажется, что передача буквенных сигналов была известна ещё в Древнем мире (рис. 4). Во всяком случае, уже карфагеняне передавали буквенные сообщения через Гибралтарский пролив с помощью примитивного светового телеграфа. Правда конструкция этого телеграфа отличалась от той, которая изображена на рис. 4. Теперь вспомним то, что развитие электрической телеграфии совершенствовалось и в XIX и в XX веках. Поэтому отнесение изобретения телеграфа, как способа передачи буквенных сообщений на большие расстояния, нельзя соотносить с определённой датой или коротким промежутком времени.

Большие инновационные изобретения, технические, технологические и социальные революции – это на самом деле длительные процессы. Мы говорим об исторических событиях поневоле упрощённо. На самом же деле даже те революции, которые нам известны из истории, были многолетними процессами. Не случайно первую европейскую буржуазную революцию в Голландии называют 80-летней войной. Именно по этой причине все информационные революции – это в действительности цепочки последовательных, сложных, подчас драматических и, почти всегда длительных, событий.

Обмен научной информацией

Наука, как способ систематизации и упорядочения знаний и усилий объяснить прошедшее и по возможности предвидеть будущее, сформировалась не сразу. Долгие годы знания людей были слабо систематизированы. Поэтому люди, которые хотя бы часть времени посвящали осмыслению накопленного

опыта и передаче его другим, выделились в человеческих сообществах далеко не сразу. Этот длительный начальный период иногда называют донаучным или же преднаучным периодом. Принято выделять три важнейших момента в формировании науки. Первый – это Древний мир. Этот период начался примерно в V веке до н.э. Начало следующего периода относят к эпохе Возрождения. Наконец третий период отсчитывают уже в Новом времени. Его начало относят к XVII-XVIII векам. Не вдаваясь в тонкости, будем считать, что наука началась в Древнем мире.

Даже при беглом взгляде легко заметить, что появление и развитие науки шло параллельно с возникновением и развитием письменности. Людям требовалось записывать договора между государствами, записывать поступление налогов, различные предания и рецепты. Так возникли первые хранилища информации. Тогда ещё нельзя было разделить библиотеки и архивы. Все записи хранились вместе в наиболее защищённых местах: дворцах и храмах. Мы привыкли называть эти древние хранилища библиотеками. Первые известные нам библиотеки возникли приблизительно 5000 лет тому назад. С течением времени заметно менялись и материалы, носители книжной информации, и шрифты, и форма книги. Менялась и её роль. Так в Древней Греции папирусные свитки с текстом вначале играли вспомогательную роль: нечто вроде подсказки. Книги, как учебные материалы, изложение фактов и размышлений, а также книги с художественными текстами возникли постепенно.

Как мы отметили, большие собрания книг и документов известны уже свыше 5000 лет. Попробуем задать чисто риторический вопрос о том, чем отличается большое собрание книг от библиотеки. Опыт оказывает, что практически любой культурный человек даёт правильный ответ: *«Библиотека отличается от простого собрания книг наличием каталога»*. Каталог позволяет отыскать нужную книгу по названию, тематике или автору. Кроме того, справочная часть каталога должна указать и на то место, где находится нужная книга. Говоря современным языком – это полочный номер. История каталогов, а они известны со времён Древнего мира, вещь интересная и поучительная. Для рассматриваемых же здесь вопросов важно другое: каталог – это информация об информации. Иными словами каталог – это вторичная (вспомогательная) информация о другой информации, то есть об информации, содержащейся в книге. Так ещё в древние времена люди осознали необходимость иметь систему вторичной справочной информации, которая позволяла бы им отыскивать необходимую первичную книжную информацию.

В древнем мире люди поняли и другое. Они осознали, что многое невозможно и не имеет смысла получать заново. Не всегда нужно обосновывать заново те результаты, которые полученные ранее другими. Так в общественное сознание проникает идея ссылок. В древние времена в папирусных свитках цитировались обширные выписки из того, что ныне называют первоисточниками. Эти обстоятельные цитирования позволили восстановить многие тексты, подлинники которых были утеряны. Так, например, греческий текст

знаменитых «Начал» Эвклида был реконструирован на основе нескольких папирусов, содержащих цитаты из этого произведения, а также по византийским манускриптам. Эта реконструкция была выполнена в конце XIX века датским историком науки Гейзенбергом. Он использовал для своей работы 8 манускриптов. Более ранние реконструкции делались в XVI веке.

На следующем этапе развития науки, в эпоху Возрождения, в связи с эволюцией социума и появлением книгопечатания, количество книг, с которыми мог ознакомиться представитель европейской культуры (а мы ограничимся только этим ареалом), стало быстро возрастать. Долгие годы научные труды писались на латыни и поэтому языковые барьеры обмену результатами исследований и теоретическими разработками особенно не препятствовали. Интересная книга тогда рано или поздно прочитывалась всеми желающими. Тем не менее, на пути обмена научной информацией возникали новые препятствия. Для издания и распространения книги нужны средства. Надо было искать покровителей, да и сама система распространения книг ещё только отрабатывалась. Эти обстоятельства интуитивно понятны любому. Но имеются и другие трудности, о которых обычно не задумываются. Чтобы написать книгу нужно время. Это не только время создания текста. Прежде чем садиться за труд, нужно прочитать другие книги, обдумать, решить, проверить множество вопросов. Особенно существенными временные затраты стали в период внедрения экспериментальных исследований. А ведь для ботаники, например, нужны длительные сборы экспонатов, экскурсии. Астроному требуются многочасовые, а иногда и многолетние наблюдения. Короче, создание книги возможно только в результате длительного процесса, требующего законченной обработки собранных сведений.

В эпоху Возрождения люди жили не очень долго. В мире периодически возникали эпидемии смертельных болезней. Сорокалетний известный учёный Регимонтан (подлинное имя Иоган Мюллер. Регимонтан же латинизированное название родного города учёного Кенигсберга) был приглашен в Рим папой Сикстом IV для реформы календаря. Работу он не успел закончить и скончался от чумы 6 июля 1476 года. По счастью его труд завершили другие, и мир теперь живёт по предложенному им т.н. Григорианскому календарю. Это относительно благополучно окончившийся пример. В то же время огромное количество достижений ушедших из жизни учёных было просто утеряно.

В те годы люди в разных уголках Европы имели представления о том, чем занимаются их коллеги. Они переписывались между собой. В частности, Регимонтана римскому папе рекомендовал Коперник. В то же время никакой отлаженной системы обмена данными между учёными не имелось. Потребность же в обмене промежуточными результатами, мыслями, предварительными соображениями остро ощущалась всеми. Развитие организованного обмена информацией шло несколькими путями. Так в XVII веке возникают кружки единомышленников, обсуждающих научные проблемы. Их называли академиями. Первая из них возникает в 1657 году во Флоренции. В 1660 году

возникает научное сообщество в Англии. Затем академии начинают возникать во многих городах Европы. Параллельно происходил и другой процесс – обмен знаниями через специальные печатные издания. Именно тогда в Европе появляются первые газеты.

8 сентября 1588 года во Франции родился Мерсен Марен. Со временем он стал членом монашеского ордена миноритов. Поступление в монастырь обеспечивало детям из не очень богатых семей возможность получить образование, а впоследствии заниматься наукой. Не случайно многие крупные учёные: Коперник, Ньютон, Мендель были связаны с церковью и не имели своих семей. Этим же путём шёл и Мерсен. К концу жизни он смог переселиться в Париж. Сам Мерсен тоже внёс вклад в науку. Он был довольно крупным математиком и теологом. Однако он был учёным не первого, и возможно даже не второго ряда. Во всяком, случае память о нём связана с другими обстоятельствами.

Мерсен был человеком общительным и увлечённым. Он радовался успехам других. Будучи в личной переписке со многими, он сообщал своим корреспондентам о работах других людей. Ему безусловно доверяли. Поэтому друзья и знакомые писали ему о своих мыслях, результатах и соображениях. Мерсен же в свою очередь пересылал эти сведения другим людям. Параллельно он же пересылал своим корреспондентам мнения других учёных об их работах. Раз в неделю в его парижской квартире собирались светила тогдашней науки. Они совместно обсуждали важнейшие научные проблемы. Именно на эти собрания привёл молодого Паскаля его отец. С уходом Мерсена из жизни стала ясна та роль, которую он играл в становлении обмена научной информацией. Фактически Мерсен был первым научным журналом. Он так и вошёл в историю науки под именем «Человек-журнал».

Деятельность Мерсена, появление газет и возникновение регулярных собраний учёных в различных академиях, имевших свои уставы, быстро привели к появлению настоящих научных журналов. Они возникли в качестве трудов различных академий. Так на свет выходит новая форма научных коммуникаций – научная периодика. С 1665 года в Англии выходят *Philosophical Transactions*. Затем начинают выходить труды Академии в Париже. В 1682 году возникает периодическое издание в Лейпциге. Первые периодические издания – журналы, печатали статьи по всем разделам науки. Иными словами, они были политематическими. Такие журналы издаются и в наше время. Более того, в силу ряда организационных и чисто социальных причин, число политематических журналов в последние годы заметно увеличилось. Однако сравнительно быстро стало очевидным, что тематику журналов нужно ограничивать. Тенденция к специализации научных журналов проявилась очень быстро, хотя до сих пор точно определить наиболее оптимальную широту охвата тематики серьёзного научного журнала очень сложно. Более того, существует круг вопросов, которые захватывают тематику разных наук, то есть являются межпредметными. При жёсткой тематической специализации журналов, публикация работ такого плана осложняется. Эти, казалось бы, аб-

страктные проблемы на самом деле имеют прямое отношение к вопросам оценки продуктивности работы учёных и применению для этих целей различных индексов.

Со дня возникновения периодических научных изданий, то есть почти за 350 с небольшим лет число научных журналов издаваемых в мире настолько возросло, что уже в начале прошлого – XX века, никто всерьёз не брался за точное определение их числа. Было ясно, что это число определяется многими тысячами. Кроме научных журналов, резко возросло и число научных книг, трудов конференций, отчётов и другой научной информации. Не вдаваясь в тонкости, просто отметим, что сложности поиска нужной информации, оценки её достоверности, так же как и ряд других сопряжённых тем стали привлекать внимание широкой научной общественности. Потоки научной информации, методы её поиска, распространения и хранения определили необходимость появления специалистов соответствующего профиля. Требовалось также описать приёмы и методы работы с научно-технической информацией. Это происходило тогда, когда электронных журналов, Интернета и других современных методов работы с информацией ещё не было. Именно тогда, во второй половине прошлого века, формировались многие понятия и методы работы с научной информацией, ознакомление с частью из которых и является конечной целью этой публикации. Мы в краткой статье, конечно, не можем изложить все стороны этой большой и важной проблемы.

Вторичная информация и наукометрия

При большом количестве журналов ни один человек не может даже бегло просмотреть все материалы, публикуемые в его отрасли знаний. Так, если в 1760 году в мире выходил всего один журнал, связанный с биологией, то к 1940 году их было уже свыше 3000. Аналогичный рост наблюдался и в других областях знания. В связи с этим появились специализированные издания, которые печатали лишь краткое изложение статей в журналах – *рефераты*. Реферативные журналы – это типичные вторичные документы. Со временем увеличивалось и их число. Стало очевидным, что процессы, связанные с распространением и поиском информации надо количественно изучить и усовершенствовать.

Так возникла наука, которую называют наукометрией. Считается, что основы этой науки заложил английский учёный Дж. Бернал. Ещё в 1939 году он опубликовал книгу *Социальная функция науки*. [11]. Активные исследования в этом направлении продолжились сразу же после окончания Второй мировой войны. Тут важно отметить огромные усилия Дерека Прайса и Юджина Гарфилда. Не перечисляя всех исследователей, внёсших вклад в развитие этих исследований, отметим ещё только работавшего в Киеве профессора Геннадия Доброва. Читателю проще всего познакомиться с его трудами по вышедшей в 1970 году книге *«Наука о науке»*[1]. Однако наиболее весомый вклад и в советские, и в мировые достижения этого плана, был сделан профессором Василием Налимовым. В Интернете можно легко найти, изданную

им в 1969 году совместно с Зинаидой Мульченко книгу «*Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса*»[4]. Введённый в её названии новый термин *Наукометрия* используется ныне и в английском языке: *Scientometrics*. Более того, под этим названием издаётся международный журнал, посвящённый проблемам количественного анализа научных публикаций. Упомянутый нами Юджин Гарфилд в 1961 году организовал в Калифорнии *Институт научной информации (Institute for Scientific Information – ISI)*. Этот институт всегда был известен издаваемой им прекрасной справочной литературой. Он имел отделения-филиалы во многих странах. В просторечии этот институт иногда называли *Институтом Гарфилда*. Сейчас этот институт купила большая корпорация, и он сменил название (см. далее).

Говоря о наукометрии, мы ограничимся теми моментами, которые связаны с рассматриваемой нами проблемой. Как известно, язык обладает свойством *полиморфии*. Более просто, слова и их смысл не вполне однозначны. Полный смысл слов и терминов во многом зависит от контекста. Из этого следует, что смысл термина или фразы у разных авторов различен. Обычный поиск изданий по предметным каталогам – это фактически поиск по терминам. Их обычно называют *ключевыми словами*. В целом же поисковые слова-термины называют *дескрипторами*. Дескрипторы часто определяются не авторами публикации, а библиографами. Поэтому содержание публикации, особенно такой, в которой обсуждаются новые идеи, хорошо передать с помощью ограниченного числа дескрипторов, очень трудно. Если же говорить о том, кто является автором статьи, то оказывается, что в его имени часто скрыто намного больше содержания, чем в обычном дескрипторе. Именно поэтому Юджин Гарфилд предложил интересную новацию. После ряда экспериментов он установил, что поиск информации по фамилиям авторов оказывается очень продуктивным. Если посмотреть на то, кто ссылается на ту или иную работу, то оказывается возможным выявить много новых интересных связей и получить новую оригинальную информацию.

История реализации идеи о поиске информации на основе научных ссылок, имеющих в той или иной работе многократно описана, как в серьёзной, так и в популярной литературе. Эти сведения не сложно отыскать в Интернете. На основании работ Гарфилда ещё в те времена, когда не было Интернета, стали издаваться специальные справочники. С их помощью можно было установить, на кого ссылается тот или иной автор в своей работе и, наоборот, где цитируется эта работа. Оказалось, что такой подход к работе с информацией очень продуктивен. Именно в это время в практику вошёл показатель, который называется *Индекс цитирования*. Для отдельно взятой публикации – это просто число ссылок на неё в других работах. На основе этого индекса вычисляются и суммарные индексы цитирования по всем работам конкретного автора, средние показатели цитирования на одну его статью и многое иное. Мы, однако, остановимся на связанных с этим индексом вопросах.

Начнём с простого. Пусть имеется некоторая публикация. Она оказалась интересной. Будем считать для простоты, что вскоре после выхода в свет этой публикации на неё в течение года сослалось 50 авторов (достаточно большое число). На следующий год это число уменьшается, а затем уменьшение идёт ещё активнее. Со временем это число может упасть до 1-2 ссылок в течение года. Причин этому много: работа может перестать вызывать интерес или же, наоборот, она может попасть в справочники, на которые ссылаются вместо статьи. Бывают и другие причины. У разных работ такой спад происходит по-разному. Но если произвести усреднение, то оказывается, что для разных разделов научного знания скорость спада будет достаточно характерной характеристикой. Она будет характеризоваться средним временем (в годах) за которые в среднем число цитирования статей в разных отраслях знания будет уменьшаться на половину. Так, если в нашем примере в начале на статью сослались 50 раз в год, то надо посмотреть, через сколько лет на неё сошлутся 25 раз. Это время можно условно назвать полупериодом жизни публикации. Со временем разные отрасли знания сменяют интенсивность исследований, и, значит, это время может меняться. В качестве примера приведём многократно обсуждавшуюся таблицу по времени полупериода жизни публикаций по состоянию на середину 80-х годов прошлого века.

Табл. 1. Время (в годах) для средней продолжительности жизни публикации по разным отраслям знания

Физика	4,6	Ботаника	10,0
Физиология	7,2	Математика	10,5
Химия	8,1	Геология	11,8

Как видно, приведённые цифры заметно различаются. Спрашивается, имеют ли эти сведения какой-нибудь интерес. Оказывается, что практическая польза от этих сведений несомненна. В повседневной работе любой исследователь часто сталкивается с необходимостью ознакомиться с состоянием новой для него проблемы. Он обращается к свежей литературе и часто ничего не находит. Тогда надо искать в более далёких по времени изданиях. Спрашивается, какова же должна быть разумная глубина поиска. Таблицы, типа той, которая только что приведена нами, дают ответ на этот вопрос. В нынешние времена возможности интернет-поиска как бы маскируют эту проблему: поиск чаще всего ведётся для большого промежутка времени. Здесь важно сразу же постараться отбросить устаревшие данные. Сведения того типа, что приведены выше, являются хорошим ориентиром в этом случае.

Изучение цитирования позволяет выявить глубокие связи между разными науками, выявить неформальные связи между учёными. До возникновения социальных сетей такие связи назывались незримыми коллективами (термин был впервые введён В.В. Налимовым). Особым успехом первых наукометрических работ было выявление, так называемого, Закона рассеяния информации или Закона Брэдфорда-Ципфа (Ципф иногда по-русски пишут – Зипф).

Этот закон говорит о том, что основная масса публикаций по некоторой проблеме печатается в ограниченном числе журналов. Так, в последние годы XX века большинство работ по химии печаталось в 18 ведущих журналах. Всего же журналов, печатавших работы по тематике, связанной с химией, уже тогда было свыше 3000. Из этого следует, что получить основную базовую информацию по вопросу относительно просто. Дальнейший же поиск с целью обеспечить полноту сведений связан с большими затруднениями. В те годы была проведена оценка затрат на поиск рассеянной информации. Было установлено, что в случае небольших затрат на выполнение исследования, часто дешевле выполнить его заново, чем тратить время и средства на поиск требуемой информации. Конкретные цифры здесь зависят от отрасли знания и ряда других обстоятельств.

Написанное выше – это только самая простая часть наукометрии. Она описывает только первые в историческом плане её достижения. Для нас существенно то, что именно наукометрия ввела в повседневную практику и показала пользу числовых индексов, которые характеризуют работу учёного. В то же время уже в самом начале создатели этой науки обращали внимание на некоторые важные обстоятельства, о которых люди обычно забывают. Часто они об этих обстоятельствах даже ничего не знают. Иногда пренебрежение этими обстоятельствами приводит к нежелательным результатам.

Итак, первое, на что нужно обратить внимание: наукометрические показатели и в частности различные индексы, например, индекс цитирования, важны для усреднённых оценок. Индивидуальные же значения индексов нередко мало осмыслены. Всегда подчёркивается, что ни один индекс в качестве индивидуальной характеристики не может заменить экспертную оценку. Это значит, что замена, профессиональной экспертизы числовыми показателями чаще всего не только бесполезна, но и вредна. Далее, оценка с помощью наукометрических индексов профессиональных качеств учёного возлагается на библиографические службы. Специалист-библиограф не может правильно оценить качество работы. Это особенно проявляется в сложных ситуациях. Задача любого библиотечного работника – это прежде всего сбор и хранение всей имеющейся информации. Оценка же её качества и различные организационные выводы, которые делаются на основе такой оценки, чаще всего приводят к негативным результатам. Более коротко: каждый должен заниматься своим делом.

Соответствующие утверждения отражены в так называемом Эффекте Даннинга-Крюгера. Так принято называть искажение, которое заключается в том, что люди, имеющие низкий уровень квалификации, делают ошибочные выводы, принимают неудачные решения и при этом неспособны осознавать свои ошибки в силу низкого уровня своей квалификации. Отмечается, что у таких людей это приводит к возникновению завышенных представлений о собственных способностях, в то время как действительно высококвалифицированные люди, наоборот, склонны занижать свои способности и страдать недостаточной уверенностью в своих силах, считая других более компетент-

тными. В общем при использовании наукометрических индексов не по назначению нужно учитывать то, что менее компетентные люди в целом имеют более высокое мнение о собственных способностях, чем это свойственно людям компетентным.

Оценка качества работы учёного на основании наукометрических показателей

Индекс цитирования широко использовался с первых лет возникновения наукометрических исследований. Достаточно очевидно, что у ведущих учёных основные работы имеют высокие значения этого индекса.

В то же время немного в стороне оказываются дополнительные обстоятельства. Так, в разных областях знания определялись статьи с наиболее высокими значениями этой величины. Однако при беседах с авторами часто оказывалось, что по их мнению высокоцитируемые работы относятся не к самым лучшим их результатам. Было выяснено, что при широком анализе, работы нобелевских лауреатов могли быть менее цитируемыми, чем работы иных авторов, работавших в той же области знаний. Только сужение круга анализируемых проблем выдвигало нобелевских лауреатов на первые по значению индекса цитирования места в списках наиболее цитируемых авторов.

Были отмечены и другие обстоятельства. Так, например, на работы, описывающие новые методики, ссылаются намного чаще по сравнению с чисто исследовательскими работами. Часто высокий индекс цитирования связан с ошибочными, широко критикуемыми работами. Короче говоря, выяснилось то, что индекс цитирования не является строгой характеристикой работы учёного. В то же время не вызывает сомнений то, что этот индекс всё же является важной характеристикой качества работы исследователя.

Многие учёные всегда внимательно следили за тем, кто и как интересуется их результатами. С появлением индекса цитирования их интерес получил удобную числовую характеристику. На величину индекса цитирования начали обращать внимание и административные инстанции. В идее подобного контроля ничего плохого нет, если только она применяется разумно. Разумность же в первую очередь зависит от двух обстоятельств. Первое: успешность работы учёного – фактор многогранный. Он в принципе не может быть выражен одним простым числовым показателем, как бы хорош этот показатель ни был. В случаях, когда это обстоятельство не принимается во внимание, возможны серьёзные ошибки.

Второе обстоятельство требует более подробных пояснений. Дело в том, что перенесение некоторого понятия в новую область всегда связано с возникновением неожиданных административных и, следовательно, юридических коллизий. При желании владеющий английским языком читатель может отыскать в Интернете лекции «*Gregory N. Mandel: History lessons for a General Theory of Law and Technology*»[12]. В этих лекциях анализируются юридические ситуации, которые возникали в юридической практике США

при возникновении новых технологических ситуаций и внесении новых элементов в оценку практических результатов.

В качестве одного из первых примеров, автором рассматривается вопрос об ответственности при передаче телеграфных сигналов. Как известно вначале телеграммы передавались по кабелю. Первая телеграмма была отправлена Самуелем Морзе 24 мая 1844 года. После этого началось бурное строительство телеграфных линий. Оно шло в параллель с созданием железных дорог. Очень быстро возникли и первые юридические проблемы. Она из них была связана с ошибкой в передаче, как мы бы теперь сказали, «денежного перевода». Телеграмма была передана так, что вместо суммы в \$250 было передано \$2500. Сам процесс сейчас уже не представляет для нас интереса. Нам важен сам факт: возникла проблема о юридической, и значит финансовой, ответственности за потерю денег. Оказалось, что всё предыдущее законодательство, связанное с доставкой информации посредством писем, к ситуации не подходит.

Иными словами, новые обстоятельства порождают новые, заранее не предусмотренные проблемы. В наше время не представляет труда отыскать случаи, аналогичные по своему смыслу только что упомянутой ситуации. Поэтому читатель должен понять, что использование наукометрических показателей для новых задач (к примеру, оценки качества индивидуальной работы учёных) не может обойтись без порождения сложных ситуаций. Они требуют тщательного и квалифицированного анализа.

Отметим ещё один момент. Он связан с распространённым непониманием существа наукометрических показателей. Эти показатели получены как средние величины. Они получаются усреднением по множеству случаев. Иными словами, эти показатели являются статистическими величинами. Их применение к индивидуальным ситуациям работы конкретных учёных заведомо ошибочно. Выводы, которые делаются на основе автоматизированного обчёта общих баз данных по публикациям без профессионального личного анализа и привлечения других количественных характеристик, заведомо не могут быть основой каких-либо решений. Ошибки в этом плане часто усугубляются тем, что использование таких показателей производится без предварительного обсуждения с профессионалами и без наличия правовой основы. К слову сказать, и само обсуждение применения таких индексов и различных рейтингов нередко производится людьми, которые в той или иной форме, задеты неправильным использованием индексов, но сами в суть дела не вникали. Это же относится и к проблеме учёта рейтингов различных заведений, которое очень часто ведётся совместно с рейтингами продуктивности учёных, выполненных на основе наукометрических показателей.

Кратко пояснив историю и суть вопроса об индексах, которые используются для оценки труда учёного, перейдём к пояснению того, как вычисляются эти индексы. Мы заранее предупреждаем читателя о том, что эти индексы могут быть оценены, как положительно, так и отрицательно. Всё зависит от того, как и для чего они используются. Вступать в дискуссию по этому пово-

ду бессмысленно. По этой причине мы кратко рассмотрим методы вычисления этих индексов и приведём ряд примеров поясняющих проблему. Никаких выводов мы делать не будем. Каждый читатель на основе предлагаемых материалов может более подробно ознакомиться с вопросом и уж затем сделать свои личные выводы.

Заранее хотим предупредить: материалы по использованию индексов, получившие широкое распространение, чётко делятся на две группы. При этом широко известна группа резко критических и иронических материалов. В подавляющем большинстве случаев они написаны исследователями-профессионалами. Они хорошо видят многие несуразности, связанные с неверным использованием наукометрических индексов для оценки качества работы учёного. С этой точки зрения такие материалы безукоризненны и хорошо отражают ситуацию. К сожалению, многие, если не все, авторы этой группы плохо знакомы с принципами квалифицированной библиографической работы и использованием наукометрических индексов для организации поиска научной информации. Поэтому, вполне справедливо и обоснованно критикуя неправильное использование наукометрических показателей, они чаще всего *«выплёскивают из ванны воду вместе с ребёнком»*. Они часто не понимают, что речь идёт о неверном использовании полезных показателей и, прежде всего, о принципиально неверном подходе: применению величин, характеризующих сообщество учёных, к его индивидуальным представителям.

Прежде, чем говорить об индексах и рейтингах мы должны обратить внимание на ещё одно важное обстоятельство, о котором все обычно забывают. Во многих странах стремятся сохранять на работе и поддерживать учёных только с высокими личными показателями. Естественно, что имеется желание перевести все учебные заведения в высокие места рейтингового списка. В то же время сделать все учебные заведения элитными невозможно. Однако, осознание того, что невозможно закрыть все слабые университеты, уменьшение их числа за счёт слияния с более сильными, на самом деле не является выходом, так как сама проблема не может быть решена в принципе.

Не имея возможности и намерений серьёзно осветить все стороны этой проблемы, позволим себе дать краткие пояснения. Известно множество законов, посвящённых распределению разных объектов или действий по ранжированным группам. Упомянувшийся в предыдущих разделах *Закон Брэдфорда-Ципфа* относится к их числу. Напомним, что главное его содержание сводится к тому, что основная часть научных публикаций сосредоточена в небольшом числе журналов. Оставшаяся часть публикаций (обычно её оценивают величиной близкой к 20 %) рассеяна по большому числу менее важных или «случайных». *Закон Парето* или же *Правило 80/20* тоже относятся к закономерностям того же типа. Качественно эти законы говорят о том, что *Основные результаты (достижения, успехи и т.д.) достигаются усилиями небольшой группы действующих агентов (акторов)*. Это обстоятельство, чаще всего люди знают и стараются учесть. Однако, при этом они забывают, что деятельность остальной, не элитной, части действующих лиц тоже нужна и

необходима. В науке эта деятельность обеспечивает и поддерживает исследования ведущих учёных.

Приведём исторический пример. Как известно при измерениях основных свойств элементарных частиц можно относительно легко определить т.н. «удельный заряд», то есть отношение заряда частицы к её массе. Исторически первой изученной частицей был электрон. В районе 1909-1911 годов американский физик Милликен с помощью Флетчера смог определить заряд электрона (за эти исследования он был удостоен Нобелевской премии). Принципиальная идея опыта состояла в том, чтобы электрон «находился» на частице большей массы, которую можно определить независимым способом. Именно так, с помощью капель масла, производил измерения Милликен. Мы сознательно опускаем всю технику опытов. Массу капель масла Милликен измерял по формуле для трения шарика в вязкой среде (воздух). Для этого нужно было знать вязкость воздуха. Эти данные Милликен взял из опубликованных к тому времени работ. Более того, для малого радиуса капель необходимо было вводить определённую поправку. Для этой цели Милликен воспользовался данными Кёнингама. Эту работу вспоминают сейчас только в связи с результатами Милликена. Сам автор этих исследований вязкости и остальные его труды основательно забыты.

Невозможно себе представить выполнение высококлассной работы без наличия не только этих, но и многих других вспомогательных данных, массив которых служит основанием для хорошо запомнившихся потомкам важнейших работ. Вся история науки заполнена большим количеством наглядных примеров подобного рода. Более того, теория элит, (имеются и такие исследования), говорит о том, что изолированная элита, не взаимодействующая с рядовым окружением и не обменивающаяся с ним представителями, быстро вырождается. Именно поэтому, ограничение системы учебных заведений только элитарными институциями, в принципе, обречено на провал. Обществу нужно всё: и элита, и рядовые исследования и, личности, и организации. Это справедливо не только для науки, но и для искусства, спорта, политики, управления и т.д.

Теперь, после всех сделанных пояснений, мы перейдём к конкретному анализу основных наукометрических индексов, которые используются для оценки качества индивидуальной деятельности учёных и преподавателей. Мы остановимся только на основных индексах. Мы кратко остановимся также на связанной с этими вопросам проблемой оценкой рейтингов учебных заведений. Эту проблему мы затронем лишь частично.

Основные наукометрические индексы

Наукометрия возникла в качестве дисциплины, изучающей эволюцию науки путём измерений и последующей статистической обработки научной информации. Используемые в этой науке показатели могут быть использованы как для эффективного поиска информации, так и в организационно-административных целях. К сожалению, методами использования наукомет-

рических показателей для поиска информации широкие массы исследователей владеют далеко не всегда. Основной контингент читателей волнует только применение наукометрических показателей для оценки качества работы различных учёных, организаций и даже целых стран. На практике они используются для предварительной оценки перспективности тех или иных исследований, разумности привлечения к ним определённых авторов, а также ранжирования организаций. В большинстве подобных ситуаций из всех известных наукометрических индексов используются в основном только уже упоминавшийся нами индекс цитирования, а также рассчитываемый на его основе так называемый *h*-индекс или *Индекс Хирша*. Для оценки качества, или более точно, престижности научного журнала применяют также т.н. *импакт-фактор*. Его обозначают как *ИФ* или же *IF*. Этот фактор используется с начала 60-х годов прошлого века. Все эти показатели очень условны. Они дают много полезной и интересной информации, но обладают и множество принципиальных недостатков.

Рассмотрим как вычисляются основные индексы. *Индекс цитирования *i*-ой работы* автора определяется, как число ссылок C_i по всем известным статьям других авторов. Индекс цитирования (или цитируемости) I автора, написавшего N работ, определяется как сумма всех C_i по всем значениям i . Здесь подразумевается, что ссылки автора на свои работы (самоцитирование) заведомо исключены. На самом деле понятие самоцитирования во многих случаях понимается расширительно. Так обычно из списка цитирования исключаются ссылки, сделанные другими авторами, которые имеют совместные работы с автором, работы которого исследуются. Иногда исключаются и авторы с более далёкими контактами. Самоцитирование исключают и при изучении работ журналов. При этом, говоря о цитировании работ, печатаемых в каком-либо периодическом издании, часто исключают ссылки на другие статьи, которые в нём печатаются. Для небольших, локальных изданий, например для сборников трудов какого-либо университета или института, где все авторы знакомы друг с другом, это может быть оправдано. В то же время для больших, пользующихся широкой известностью изданий, это заведомо нелепо. Нам не известны работы, в которых пытались бы определить разумный критерий для отнесения периодических изданий к одной из этих двух категорий.

Огромное количество и статей, и книг имеет нескольких авторов. Ещё несколько десятилетий тому назад в качестве примера в одной из статей был приведён образец небольшой по объёму статьи, имевшей несколько десятков соавторов. Давным-давно было отмечено, что среднее количество авторов, приходящихся на одну публикацию, имеет явную тенденцию к увеличению. Использование сложной техники в таких областях знания, как, например, физика элементарных частиц, позволяет понять причины этого явления. В ряде случаев, в больших международных проектах иногда существуют определённые договорённости о некоторых правилах последовательного отбора членов коллектива в авторы статьи или научного отчёта. Обычное определе-

ние с помощью компьютерного анализа баз данных индекса цитирования учитывает такие публикации в индивидуальных индексах всех авторов. Это обстоятельство вызывает много возражений. Предлагались варианты, когда один балл индекса делится на число соавторов. Это означает, что для каждой i -ой статьи число ссылок на неё C_i делится на число соавторов z_i . Такой индекс называют *Нормированным индексом цитирования (цитируемости)*. Нормированный индекс тоже нельзя считать идеальным показателем. Конечно, особенно для случая большого числа соавторов, счёт можно модифицировать, деля C_i , скажем, не на число соавторов, а, например, на его квадрат. Однако элемент произвола в этом случае изрядно увеличивается.

Количественный учёт числа соавторов всё же чисто формальный приём. Он не учитывает куда более важные и принципиальные проблемы, связанные с индексом цитирования. Это означает, что данные проблемы связаны со всеми показателями, вычисляемыми на его основе. Таких проблем две.

Первая из них – это оценка личного вклада каждого из соавторов. Решить этот вопрос может специалист, хотя при этом он иногда может столкнуться с большими затруднениями. Формальным методом, который удобен возможностью широкого использования вычислительной техники, этого сделать нельзя. Достаточно просто представить себе практически полную обречённость на неудачу всяческих попыток формализовать оценку творческой работы.

Вторая проблема связана с наличием различных внешних обстоятельств, которые влияют на цитируемость работы. Так известны случаи, когда материал статьи быстро попадал в разные справочники и энциклопедии. В этих случаях ссылались обычно на эти материалы, а не на первоисточник. По логике вещей, казалось бы, что материалы, которые попадают в такие издания, должны придавать большой вес исходным публикациям. Сложность учёта этого обстоятельства даже невозможно разумно оценить. Во всяком случае, нам не известны работы, в которых бы пытались реализовать такую программу.

Есть и другие обстоятельства, когда приходится сталкиваться с таким *скрытым цитированием*. Различных трудностей и попыток хотя бы частично преодолеть подобные трудности известно достаточно много. Обычно они реализуются с помощью модификации используемых показателей (индексов) или создания новых, например, т.н. *g-индекса*. Желаящие более подробно ознакомиться с этими проблемами могут отыскать в сети работы А.Д. Полянина «Недостатки индексов цитируемости и Хирша. Индексы максимальной цитируемости»[5] и А.В. Цыганова «Краткое описание наукометрических показателей, основанных на цитируемости»[10].

Чисто библиографические исследования, использующие индекс цитирования и другие показатели, которые рассчитываются на его основе, полезны и интересны. Безусловно, перспективным следует считать использование наукометрических показателей, как метода установления различных научных связей между различными отраслями знания, а также в качестве вспомога-

тельного средства для поиска научной информации. Поиск научной информации, использующий эти показатели, описан в наших книгах «Сетевой информационный поиск» [7] и «Работа в Интернете. От бытового до профессионального поиска» [8]. Эти книги изданы издательством «Норма». Их содержание выложено в Интернете.

Проблемы возникают и тогда, когда наукометрические индексы начинают использоваться для оценки качества работы исследователей. Надо особо подчеркнуть, что задачей и библиотекаря, и библиографа ни в коей мере не следует считать оценку качества работы, то есть суждения об её содержании. Профессиональная обязанность таких людей хранить все имеющиеся материалы, прилагать силы к обеспечению полноты коллекций и разработке методов их систематизации и нахождения нужной информации пользователями. Это типичная работа посредника. Идеальный образ такого работника описан Стефаном Цвейгом в его повести «Мендель-букинист». Герой этой повести помнит всё о книгах, знает все их выходные данные, но абсолютно индифферентен по отношению к оценке их содержания. К глубокому сожалению, этот основополагающий принцип повсеместно нарушается. Делаются попытки оценить качество работы учёного по числу ссылок на его работы, соотнести его с общим числом публикаций и т.д. Повсеместные перегибы и использование разных наукометрических показателей в организационно-методических целях приводят и к парадоксам, и к широкому недовольству исследовательских масс.

Перейдём теперь к *Индексу Хирша*. Этот индекс по замыслу должен показать, насколько эффективны публикации конкретного исследователя. Иными словами вопрос ставится так: учёный может иметь много публикаций, но ряд из них не имеет большой ценности. Так если учёный опубликовал N статей, то цитирование каждой из них будет разным. Если расположить работы в порядке убывания индекса цитирования, скажем: 25; 24; и т. д., то рано или поздно число цитирований статьи совпадёт со строчкой в их последовательности. Вот это число h и называют индексом Хирша. Поэтому стандартное, но не очень просто схватываемое определение этого индекса говорит, что учёный, который опубликовал N статей, имеет индекс h , если h его статей процитированы не менее, чем h раз. Остальные $(N-h)$ его статей во внимание не принимаются. Сразу же бросается в глаза странная вещь. Так, если один автор написал 100 статей и на каждую из них сослались один раз, а другой автор написал всего одну статью, но на неё сослались 100 раз, то у них обоих Индекс Хирша будет равным 1. Можно сразу же сказать, что качество работы этих учёных, наверняка, разное. В то же время с точки зрения сравнения их работы по h -индексу их работа должна оцениваться одинаково.

Перейдём теперь к ряду характерных примеров. Известно, что свои материалы по опытам с горохом Грегор Мендель опубликовал в 1866 году в работе «*Versuche über Pflanzen-Hybriden*» [3]. Однако, его статья реально осталась незамеченной и только через 35 лет, когда Менделя уже не было в живых, об этой работе вспомнили. Это породило ряд легенд, но основной вывод – ника-

кого обширного цитирования и повторных публикаций у этого выдающего учёного не было. Если судить по описанным выше индексам, то его деятельность следовало бы оценить как неудачную. Эварист Галуа имел всего 4 печатных работы и прошло достаточно много времени до того, как на них всерьёз обратили внимание. Эти примеры говорят о том, что если работа важная и сложная, то могут понадобиться многие годы для того, чтобы пришло время её достойной оценки.

Несколько дополнительных слов об индексе Хирша. Часто говорят о том, что его недостатком следует считать то, что он существенно зависит от области работы учёного. Так отмечалось, что в математике он заметно ниже, чем в физике. В то же самое время физика по этому показателю уступает биологии и медицине. Однако, главным недостатком этого индекса надо считать непонимание его смысла большинством исследователей. В то же время в ряде стран и отдельных учреждений именно этот индекс пытаются взять за основу в различных кадровых решениях. Это вызывает обоснованное недовольство большинства учёных. Если говорить безотносительно к административно-организационной ситуации, то основными недостатками этого индекса следует полагать замазывание роли наиболее важных, широко цитируемых работ любого автора, их имеющего. Как и в случае индекса цитирования, в оценке h -индекса невозможно отследить и оценить личный вклад авторов коллективных работ. Имеется и ряд других очень существенных недостатков этого индекса.

Мы не будем развивать вопрос о том, как вычисляют и как совершенствуют наукометрические индексы. Наша цель обратить теперь внимание на очень важный вопрос, который мы пока не затрагивали. Это вопрос о том, на основании каких данных о публикациях производится вычисление наукометрических индексов.

Базы данных о публикациях

Для того, чтобы провести наукометрическое исследование, необходимо иметь сведения о публикациях. Это, прежде всего, т.н. *выходные* и, иногда, *выпускные данные*. Для книг важны сведения об издательстве, тираже и объёме. Кроме того, часто нужны сведения об иллюстрациях, таблицах. Иногда требуются сведения о специализированных фото и вкладышах, если таковые имеются. В статьях нужны сведения, которые позволяют отыскать материал: название журнала, сборника, номер тома, страницы. Естественно, всегда нужны фамилии авторов. Нужно знать и язык издания. Для индексов цитирования используются списки литературы (пристатейные, поглавные, книжные). Схожие сведения нужны и для отчётов. Надо описывать и содержание патентной литературы. Кроме того, в описании необходимо хотя бы приблизительно указать рассматриваемые вопросы. В некоторых случаях – это резюме или аннотация. Иногда ограничиваются только названием, подразумевая при этом, что в него входят слова, отражающие отрасль знания, раздел. Нужны также краткие характеристики содержания, называемые ключевыми

словами. Желательно, чтобы эти слова совпадали или же хотя бы коррелировали с разделами предметных каталогов или специальных рубрикаторов. Такие описания не специалисту сделать трудно. В принципе, часть работы стараются по возможности переложить на авторов. Мы не будем вдаваться в описание соответствующих проблем. Отметим только, что хорошо и кратко отразить содержание публикации, особенно неспециалисту в данной отрасли знания, очень не просто.

Для определения индексов и других показателей мало иметь их надёжные описания. Важно собрать эти описания воедино и каким-то образом упорядочить их для последующей работы. Иными словами нужно иметь так называемые *Базы данных* и *Банки данных*. И те, и другие кратко обозначаются *БД*. Отметим, что иногда *Банки данных* во избежание путаницы кратко обозначаются как *БнД*. И *БД*, и *БнД* содержат определенным образом упорядоченные сведения о материалах. Однако в дополнение к этому в *БнД* имеются ещё элементы и даже целые системы программного обеспечения, которые используются при обращении к системе. Для простоты мы, как это часто делается, не будем уточнять с базой или же с банком данных приходится иметь дело. Для пользователя это чаще всего безразлично. Соответственно, мы будем просто говорить о *БД*.

Не трудно понять, что качество подсчитанных показателей (индексов) зависит от того, на основе какой *БД* они определялись. Не затрагивая вопрос о том, насколько просто и удобно работать с той или иной *БД*, отметим, что результаты всегда зависят от полноты представления в конкретной *БД* всех возможных публикаций (статей, книг, отчётов, патентов и т.д.). Мы уже писали, что к началу XX века стал очевиден тот факт, что не возможно не только учесть и описать все книги и научные журналы, но даже строго подсчитать их количество. В распоряжении исследователей-библиографов имеются только приблизительные оценки этих величин. Относительно возможностей описания всех выходящих в мире научно-технических статей и статей гуманитарного профиля ни у кого не вызывает сомнения то, что это заведомо нерешаемая задача.

Во второй половине прошлого века, когда начинались первые серьёзные исследования в области наукометрии, никаких специализированных *БД* не существовало. В те годы *Институт Гарфилда – ISI* регулярно выпускал сборники рефератов научных статей и книг, связанных с рядом важнейших отраслей знания. Люди, знакомые с количественными оценками информационных потоков, знают, что имеются области знания, где в силу ряда обстоятельств количество материалов столь велико, что именно в этих областях знания упорядочение информации началось в первую очередь. В те годы активные работы этого плана велись в Германии. Кроме того, уже в 1895 году американский профессор-химик *William A. Noyes* начал работу по информированию профессионалов относительно содержания выходящих в свет публикаций по химии. Начиная с 1907 года и сам *William A. Noyes* начал публиковать рефераты статей. В результате возник всемирно известный журнал

«*Chemical Abstracts*». Его теперь принято называть просто *CAS*. По типу этого журнала стали выходить «*Physical Abstracts*», а также ряд других аналогичных изданий. Они выходили в свет в разных странах и на разных языках.

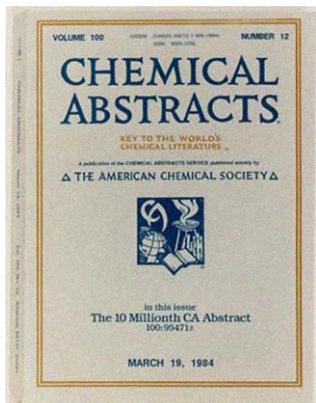


Рис. 5. Обложка бумажной версии *Chemical Abstracts*.



Рис. 6. Главная страница Интернет-портала *CAS*.

В первых работах по наукометрии индексы цитирования определялись «вручную» на основании изучения рефератов именно в *Chemical Abstracts*. В то время в практику уже вошли большие вычислительные машины. Их сразу же стали использовать для выполнения исследований в этой области. Начали возникать издания, посвящённые цитированию публикаций. Затем возникли и специализированные БД. Об этих вопросах можно прочитать в Интернете, сделав, например, запрос «*Science Citation Index*». Мы ограничимся лишь замечанием о том, что все индексы и другие наукометрические показатели, о которых кратко шла речь выше, определяются с помощью ряда наиболее известных БД. Поскольку наполнение этих БД разное, постольку значения индексов могут различаться. Строго говоря, указывая например величину *h*-индекса, следовало бы указывать ту БД, с помощью которой он вычислен. Не вредно было бы и указывать методику определения индекса. Однако напрямую такие вещи обычно не указывают.

Для того, чтобы правильно объяснить ряд проблем, связанных с темой статьи, придётся несколько отвлечься в сторону. Мы все начинаем посещать библиотеки ещё в детские годы. Школьные, местные и национальные библиотеки всегда доступны желающим. Не случайно такие библиотеки с открытым доступом часто имеют статус публичных. Привыкнув с ранних лет посещать библиотеки, люди обычно не задумываются о том, что для их поддержания нужны средства. Они идут на зарплату работникам, покупку и поддержание в порядке фондов, оплату помещения и ряд других нужд. Эти средства поступают из фонда организации, при которой работает библиотека. Кроме того, основная часть эксплуатационных средств поступает от государственных организаций. Иными словами, работа множества библиотек финансируется за счёт налогоплательщиков. Поэтому в идеале все жители страны имеют право безвозмездно пользоваться библиотеками.

Не вдаваясь в детали скажем, что создание **БД** и определение наукометрических индексов тоже требует финансовых затрат. В отличие от национальных библиотек, ряд институтов, издательств и организаций занимается этим или же за счёт различных фондов и грантов, или же продавая полученные сведения. Наукометрическая информация оказалась очень нужным продуктом. Как любой товар, она имеет определённую цену. Поэтому бесплатно она во всём объёме не доступна. Незаметно получилось так, что чисто финансовые вопросы в наукометрии вышли на первый план. Это нередко вызывает серьёзные трудности у потребителей и вызывает их законное недовольство.

Основные, наиболее известные **БД**, включают в себя огромное количество сведений. Их обработка с помощью вычислительной техники трудоёмка и поэтому дорогостояща. Как следствие, большинство **БД**, которые широко используются для определения наукометрических индексов, пошли по пути отсечения сведений об огромном числе материалов. Так в основных ведущих **БД** учитываются только журнальные статьи. Иными словами, книги, отчёты, различные препринты и ещё ряд других ценных сведений в такие **БД** не включаются. Сведения о патентах при этом в ряде важнейших **БД** учитываются. Нелепость такого подхода очевидна. Так известный математик Григорий Перельман свои результаты, принёсшие ему мировую известность и славу, опубликовал только в специальном интернет-издании arXiv.org. Поэтому эти его работы в базу данных о публикациях не включаются и не вносят вклад в определяемые на основе стандартных **БД** индексы цитирования и Хирша. С этой же точки зрения учёный, написавший серьёзную монографию, также в **БД** не включается. В определении индексов его монография не учитывается. В то же время, человек написавший обзор по чужим работам (труд достойный и полезный вне всякого сомнения) часто имеет высокий уровень цитирования этой работы, хотя творческий вклад его связан только с обобщениями. Хорошие же обобщения имеются отнюдь не во всех обзорных журнальных статьях.

Особо нужно отметить, что основные хорошо известные в мире, но отнюдь не все, **БД** в основном собирают сведения только об англоязычных статьях. Более того, имеются известные журналы, которые публикуют материалы на нескольких языках. Статьи на английском языке, которые публикуются в подобных журналах, многие **БД** тоже не учитывают. В то же самое время никто не сомневается, что всегда имеются первоклассные работы на немецком, французском и многих других языках. В конечном итоге заведомо отвергать все неанглоязычные публикации, как некачественные, принципиально неверно. Позволим себе отметить, что в 20-30-х годах прошлого века великий физик Энрико Ферми публиковал свои важные работы в итальянском журнале *Il Nuovo Chimento*. В те годы, судя по рассказам, некоторые европейские учёные начали даже осваивать итальянский язык, чтобы оперативно знакомиться с исследованиями Энрико Ферми. Отметим, что для того чтобы включить в **БД** сведения о работе на каком-либо языке, нужно иметь в составе сотрудников соответствующей организации одного-двух специалистов, которые могут

в случае надобности изложить в нескольких строках краткое содержание работы. Такая работа требует определённой квалификации, однако, как свидетельствует опыт наших молодых лет, особой сложности она не представляет.

Позволим себе отложить на время ещё один важный вопрос по принципам формирования БД и перейти к краткому описанию нескольких наиболее важных и известных БД, которые используются в наукометрии. На сегодняшний день наиболее известными БД считаются: Web of Science, Scopus, Web of Knowledge, Astrophysics, PubMed, Mathematics, Chemical Abstracts, Springer, Agris, GeoRef. В России в силу ряда понятных причин создан и эксплуатируется так называемый Российский индекс научного цитирования – РИНЦ. Наиболее известными, пользующиеся большим авторитетом, считают две конкурирующие между собой системы: Web of Science и Scopus. Эти две системы платные и весьма недешевые. Не всякое учреждение может себе позволить регулярную подписку на пользование этими данными. В ряде БД часть информации можно получить бесплатно, а другую часть платно. А российской системе РИНЦ предусмотрен бесплатный доступ индивидуальных посетителей. Для этого, однако, необходимо, чтобы такой доступ был организован с помощью организации, где работает исследователь.

Кратко опишем некоторые БД:

Web of Science: Эта система выросла из старой БД *Institute for Scientific Information – ISI*, о которой мы уже говорили. Считается, что эта БД учитывает свыше 9000 периодических изданий. Более того, достоинством этой БД следует считать то, что начиная с 1980 года, она следит и за изданиями на немецком языке.

Scopus: Эта БД работает с 1995 года. Обновление содержания в ней происходит ежедневно. Принято считать, что *Scopus* это наибольшая БД, в которой собраны сведения о публикациях без сохранения их полных текстов. В отличие от *Web of Science* эта БД не следит за гуманитарными науками. Социальные публикации охватываются в этой БД не полно. Достоинством этой системы следует считать то обстоятельство, что она следит за публикациями трудов конференций.

РИНЦ: практически это национальная российская система. Однако, она постепенно выходит за пределы страны. Система работает в связке с национальной *Научной электронной библиотекой: e-library*. Начала работать с 2005 года.

Имеется также огромное количество специализированных БД. Примером такой специализированной системы с очень большим охватом материалов может служить созданная в США при специализированной национальной библиотеке система «*Агрикола*». Вход в неё осуществляется по URL-адресу: <https://www.ebscohost.com/academic/agricola>. Имеется большое количество специализированных БД, которые аккумулируют сведения о статьях, книгах, патентах и стандартах. Часть из них платные. Однако имеются и бесплатные БД и БД, платные лишь частично. Ряд западных и российских библиотек оказывает иногда посреднические функции в поиске нужной информации.

Однако, большинство из этих **БД** не занимается специализированными наукометрическими данными или же их распространением.

Ни одна **БД** не может в принципе охватить всю имеющуюся в мире научную информацию. Несмотря на множество изданий, которые контролируются ведущими **БД** (см. выше), ни одна из них никогда не претендовала на полноту охвата всего наличия имеющихся в мире публикаций. Основные **БД** всегда дают сведения о той периодике или же иных источниках, которые анализируются ими в наукометрических целях. Любой автор заинтересован в том, чтобы с его результатами легко могла ознакомиться широкая научная общественность. Поэтому он всегда интересуется тем, какие **БД** отражают публикации в том или ином журнале. По этой причине журналы всегда стремятся указать рядом с названием и выходными данными также и те **БД**, в которых этот журнал зарегистрирован. При наличии определённого внимания не сложно заметить, что в мире имеются **БД**, в которых регистрация журналов связана с менее жёсткими условиями, чем в таких престижных **БД**, как *Web of Science* и *Scopus*. В то же самое время в таких системах как ResearchBib (Япония) и Ulrich's Periodicals Directory (США) зарегистрировать журнал намного проще. Конечно, эти системы не дают таких наукометрических сведений, как уже упоминавшиеся выше.

Говоря о наиболее престижных **БД**, следует отметить, что помимо чисто финансовых вопросов, связанных с регистрацией в них журналов, имеется более важная проблема: как именно проводить отбор журналов и других источников информации для включения публикуемых в них материалов в соответствующие **БД**. Теоретически ответ очень прост: надо отбирать лучшие журналы. Чтобы реализовать эту идею нужно иметь независимый способ определения критерия качества журналов. К сожалению, такой способ пока что не создан. Поэтому наиболее известные **БД** используют в качестве критерия наукометрические сведения, которые отыскиваются с помощью самих этих **БД**. Такой подход заведомо связан с известным произволом и нечёткостью. Тем не менее, ничего иного пока не предложено.

Определение качества журналов с помощью импакт-фактора

Качество журналов (их условную «важность»), также как и качество работы учёных, оценивают с помощью индекса цитирования. Мы уже писали, что для этого вводят понятие импакт-фактора: *ИФ* или же *IF*. С 60-х годов прошлого века этот численный показатель (индекс) начал вычисляться *Institute for Scientific Information – ISI*. В 1992 году институт был куплен корпорацией *Thomson*. Ныне интересующее нас заведение именуется *Thomson Scientific*. Определяемый им импакт-фактор публикуется в журнале *Journal Citation Report*. Иными словами, импакт-фактор рассчитывается только для одной **БД**. Для **БД Scopus** импакт-фактор не рассчитывается.

Импакт-фактором принято называть число ссылок на статьи, опубликованные в журнале за определённый период. Оно относится к числу статей. Проще говоря: импакт фактор – это усреднённое число ссылок на статью, ко-

торая опубликована в этом журнале. Со временем цитирование работ может меняться. Поэтому для определения величины импакт-фактора важно знать период, по которому он определяется. Этот период называют окном. Используют двухлетние, трёхлетние, а иногда и пятилетние окна.

Как и в случае индивидуальных характеристик (индексы цитирования, индекс Хирша) известны и более сложные способы оценки признания журналов. Так *БД Scopus* использует для определения характеристик журналов индекс *SJR – SCImago Journal Ranking*. При его вычислении учитывается не только общее количество цитирований, но и взвешенные показатели цитирований по годам. Кроме того, принимаются во внимание качественные показатели. При их учёте ссылкам на работу в разных журналах, присваивается разный «вес». Иными словами, для определения значимости журнала используют «веса», то есть числовые коэффициенты, основанные на этих же показателях. То есть определяемая величина зависит от своего априорного значения. Поскольку на самом деле «веса» зависят от уже установившегося общего мнения, серьёзных расхождений между *SJR* и обычным импакт-индексом обнаружено не было.

БД Scopus пользуется ещё и более сложным показателем. Это т.н. *The Source Normalized Impact per Paper* или *SNIP*. Вычисление его сложно. Оно основано на ряде слабо обоснованных допущений. Желаящие более подробно ознакомиться с работами *БД Scopus* по этой проблеме, называемой *Journal Metrics*, могут воспользоваться URL-адресом: <http://blog.scopus.com/posts/2013-snip-and-sjr-journal-metrics-now-available-in-scopus>.

The screenshot shows the 'Open Access Journals Impact Factors' page. It features a table of journals ranked by impact factor and a list of conferences. The table is as follows:

Journal Name	Impact Factor (IF)	Citations Report
Journal of Marine Science: Research & Development	4.8	Citations Report
Journal of Food Processing & Technology	2.53	Citations Report
Journal of Microbial & Biochemical Technology	2.5	Citations Report
Journal of Plant Pathology & Microbiology	2.28	Citations Report
Journal of Aquaculture Research & Development	1.27	Citations Report
Journal of Nutrition & Food Sciences	1.14	Citations Report
Journal of Probiotics & Health	0.69	Citations Report
Agrotechnology	0.69	Citations Report
Fisheries and Aquaculture Journal	0.51	Citations Report
Rice Research: Open Access	-	Citations Report
Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences	-	Citations Report
Journal of Horticulture	-	Citations Report
Journal of Food & Industrial Microbiology	-	Citations Report
Journal of Fisheries & Livestock Production	-	Citations Report
Biofertilizers & Biopesticides	-	Citations Report
Advances in Dairy Research	-	Citations Report
Advances in Crop Science and Technology	-	Citations Report
Journal of Food: Microbiology, Safety & Hygiene	-	Citations Report
Journal of Experimental Food Chemistry	-	Citations Report
Journal of Traditional Medicine & Clinical Naturopathy	-	Citations Report

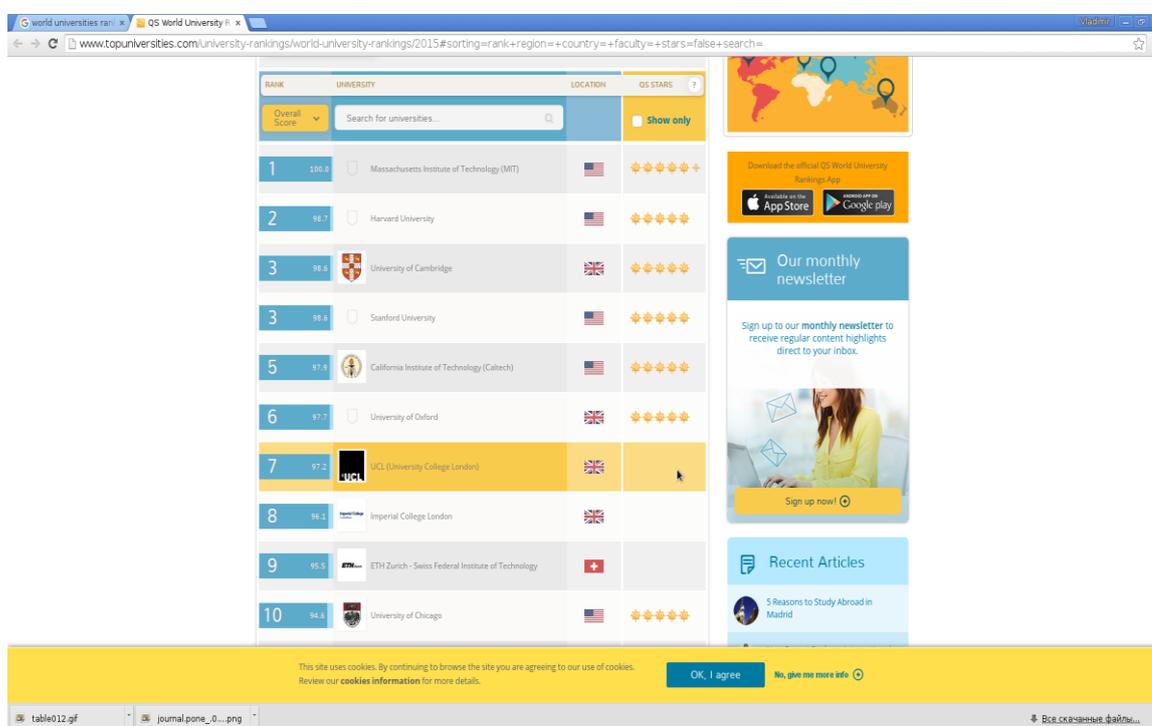
Below the table, there are sections for 'List of Agri, Food & Aqua Conferences' and 'List of Alternative Healthcare Conferences', listing various international conferences with their dates and locations.

Рис. 7. Скриншот экрана с частью таблицы журналов, проранжированных по значению импакт-фактора.

Различные журналы принято ранжировать по одному из метрических показателей. Пример начальной части такой таблицы приведён на рис. 7. Использование разных *БД* и возможность использовать разные показатели при ранжировании делает результаты таких оценок не вполне однозначными. Тем

не менее, расположение журнала в верхней, средней или нижней части таблицы мало зависит от тонкостей расчёта.

Обычно возражение вызывает не сам факт таких оценок, а излишне большое значение придаваемое им. В конечном итоге качество статьи зависит от её содержания, а не от того места, где она была опубликована. Отрицательные отзывы о системе ранжирования связаны с финансовыми проблемами. Многие *БД* доступны только за серьёзные деньги. Журналы с высокими показателями обычно не позволяют бесплатно знакомиться со своими материалами. Обычная цена за прочтение и копирование текста статьи через Интернет составляет что-то близкое к 20 единицам (долларов, фунтов или евро). Мы этих вопросов касаться не будем. Отметим также, что характеристики журналов, где публикуют свои труды сотрудники университетов, награды преподавателей и ряд других показателей, в том числе и наукометрических, используются и для ранжирования университетов (рис. 8).



Рис

. 8 Скриншот экрана с начальной частью последнего по времени ранжирования университетов мира.

Известно много всяких университетских рейтингов. При их составлении учитываются разные показатели. В одном из рейтингов, как нам известно, таких показателей 12. Далеко не все они наукометрические. Для составления рейтингов приглашают специалистов в разных областях знания. Их часто отбирают на основе индексов цитирования работ, написанных авторами, которых стремятся пригласить в качестве экспертов. В общем, составление рейтингов сложная процедура. Она хотя и связана с наукометрией, но не может считаться чисто наукометрическим показателем. Вне зависимости от личного отношения к процессу составления рейтингов, надо понимать значимость этого процесса в реальной жизни. Позволим себе отметить, что ряд авторов,

даже справедливо критикующих эту систему, часто не имеет всей нужной информации об этом процессе.

Вместо заключительного раздела

Знание импакт-факторов полезно при выборе журнала для публикации. В последние годы появилось много материалов, в которых подсказывают, как правильно выбрать журнал для публикации. Более того, появились специальные списки журналов, которые считаются «плохими». Один из таких списков составлен библиографом *Jeffery Beal*. Этот список хорошо известен, но относиться к нему следует с большой осторожностью, так как все списки подобного рода составляются на основе косвенных соображений, а не на основе анализа содержания публикаций. Желающие более подробно ознакомиться с подобными материалами могут прочитать статью О.В. Кирилловой [2].

В оправдание подобного подхода в одной из статей, связанных с его обоснованием, нам попало интересное утверждение. Автор писал, что когда мы смотрим на картину в музее, то мы получаем наслаждение от того изображения, которое видим. Если же некто собирается создать собрание картин, то для выбора ему следует обратиться к эксперту. Мысль тут очевидна: наслаждение картиной аналогично знакомству с содержанием публикации. Экспертная же оценка нужна не специалисту, а начальнику, грантодателю и т.д., то есть людям, многое определяющим, но которые сами в проблеме разобраться не могут. Мы не станем затрагивать эту проблему. Отметим лишь, что, продолжая аналогию с искусством, его расцвет в эпоху Возрождения или же в XIX веке поддерживался и финансировался такими людьми, как Медичи, Сфорца, Третьяковы, Щукин и т.д. Они составляли свои коллекции и делали заказы, основываясь на своих знаниях и вкусах, а отнюдь не на советах экспертов.

Импакт-факторы и аналогичные им показатели используются не только для составления университетских рейтингов, но и для вычисления других характеристик, имеющих социальную значимость. В связи с этим им уделяют большое внимание в различного рода дискуссиях. Учитывая тот факт, что для проведения соответствующих исследований требуются финансы, стиль обсуждения таких проблем бывает агрессивным. Особенно большое недовольство вызывает резко возросшая цена на подписку журналов, имеющих большие значения импакт-фактора. Мы не считаем себя вправе обсуждать этот вопрос в рамках проблем, освещаемых в этой публикации. Возможно, мы после этих слов поставили бы финальную точку. Однако события последних десятилетий вынуждают нас сделать небольшое заключительное добавление к основному тексту.

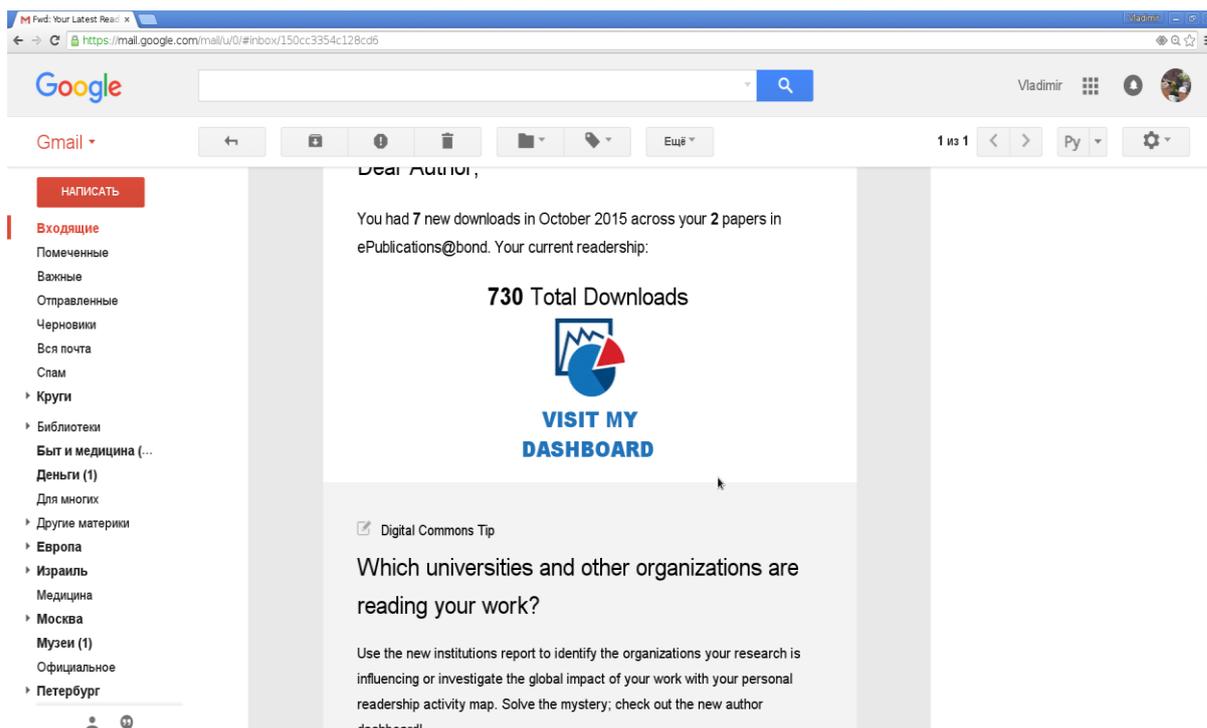


Рис. 9. Скриншот автоматизированного информационного ежемесячного сообщения о посещении и скачивании двух статей, размещённых в электронных журналах. Указано также общее число скачиваний текста, прошедшее со времени публикации материалов.

Наши замечания связаны с бурным развитием Интернета. Ныне любой человек имеет возможность выложить в сеть свои материалы вне зависимости от их качества. Появились возможности напрямую обмениваться информацией, передавать друг другу информацию как непосредственно по электронным коммуникациям, так и через социальные сети. Учёные самостоятельно обмениваются своими статьями и результатами через *Research Gate*, *Linkedin* и аналогичные каналы. Появилось множество электронных журналов. Возникли и системы автоматической каталогизации и поиска информации. При желании не представляет особого труда отыскать большинство интересующих кого-либо материалов непосредственно через Интернет. Электронные журналы создают свои независимые *БД*, которые бесплатно автоматически рассылают информацию о числе посещений материалов, выложенных в сеть и числе их скачиваний, а также о много другом. (рис. 9). Новые возможности обмена научной информацией позволяют при желании самостоятельно оценить личный индекс цитирования и даже вычислить импакт-фактор журнала, который не входит в хорошо известные *БД*. Конечно, выполненные на непрофессиональной основе такие оценки не очень точны. Чаще всего они обеспечивают того, кто этим занимается, заниженными результатами. Тем не менее, сам факт сильнейшей конкуренции между новыми информационными технологиями и традиционными методами несомненен. Мы ни в коей мере не намерены делать попытки предсказать, каким образом пойдёт развитие наукометрии и использования соответствующих индексов в ближайшее вре-

мя. Мы только позволим себе утверждать, что в этой области, несомненно, будут какие-то изменения. В то же время сами индексы, ознакомить с которыми читателя должна была наша статья, вне всякого сомнения, будут широко использоваться и далее.

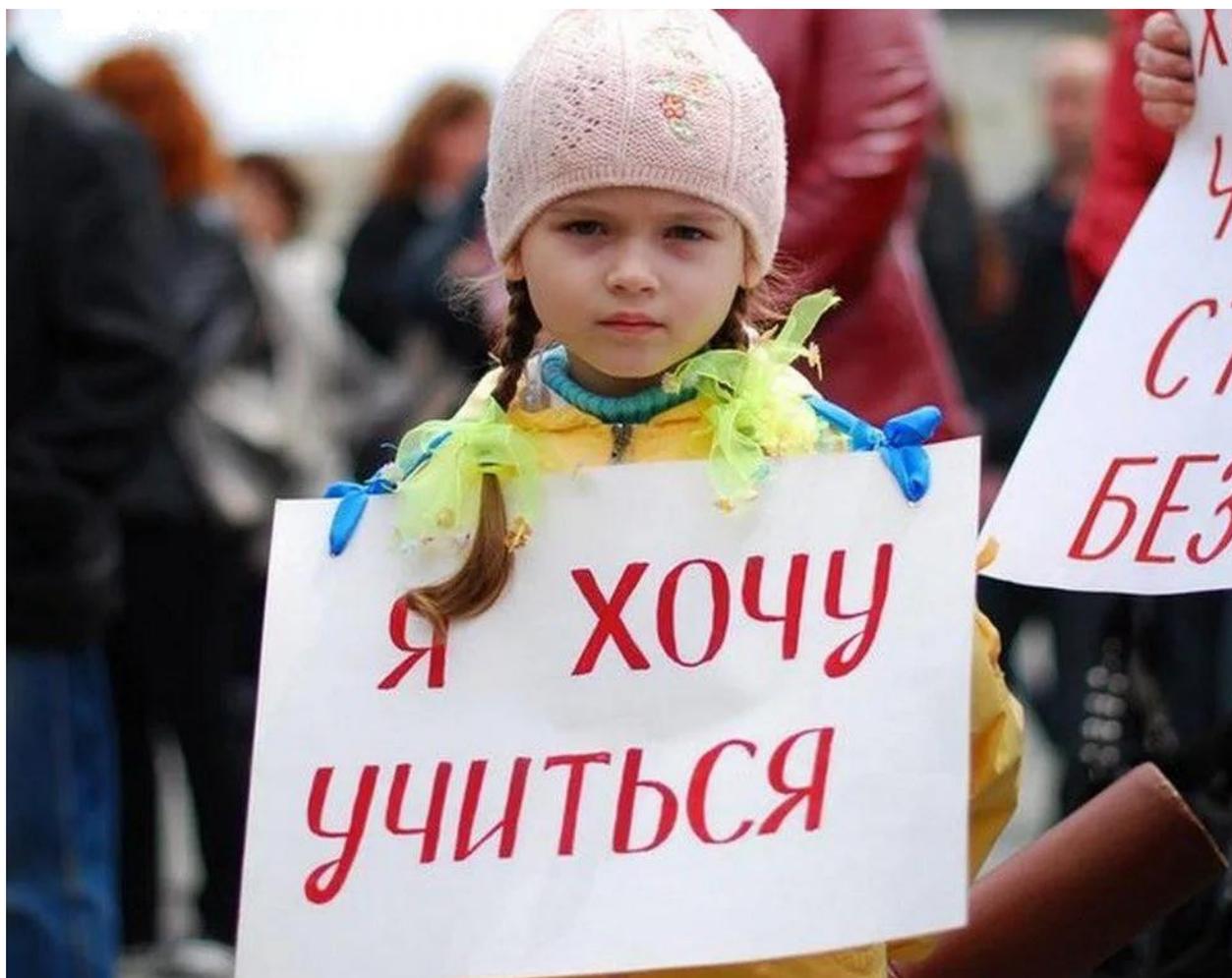
Список литературы

1. Добров Г.Г. *Наука о науке. Введ. в общее науковедение*. Изд. 2-е, доп. и переработ. Киев, Наукова думка, 1970. 320 с.
2. Кириллова О.В. *Критерии выбора журналов для публикации научных результатов*. URL: lib.ssau.ru/uploaded/Publ/Kriterii%20vibora%20journals.pdf (дата посещения 10.11.2017)
3. Мендель Г. *Опыты над растительными гибридами*. Труды. Бюро по прикладной ботанике. 1910. 3 (11); с. 479-529
4. Налимов В.В., Мульченко З.М. *Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса*. М., Наука, 1969, 192 с.
5. Полянин А.Д. *Недостатки индексов цитируемости и Хирша. Индексы максимальной цитируемости*. URL: egworld.ipmnet.ru/ru/info/sci-edu/Polyanin_IndexH_2014.html (дата посещения 10.11.2017) или *Мат. моделирование и числ. Методы*. 2014, №1, с.131-144
6. Романенко В.Н. *Личный сайт*. URL: vladimirromanenko.ru (дата посещения 10.11.2017)
7. Романенко В.Н., Никитина Г.В. *Сетевой информационный поиск: Практическое пособие*. Спб. Профессия., 2005. 288 с.
8. Романенко В.Н., Никитина Г.В., Неверов В.С. *Работа в интернете от бытового до профессионального поиска*. СПб. Профессия. 2008. 416 с.
9. Романенко В.Н., Орлов А.Г., Никитина Г.В. *Книга для начинающего исследователя-химика*. Л., Химия 1987. 280 с.
10. Цыганов А.В. *Краткое описание наукометрических показателей, основанных на цитируемости. Управление большими системами. Специальный выпуск 44. Наукометрия и экспертиза в управлении наукой*. с. 248-261
11. Bernal John Desmond: *Sozialgeschichte der Wissenschaften (4 тома), Reinbek bei Hamburg 1970, (Erstausgabe: 1954 als Science in History)* или Бернал Дж. *Наука в истории общества*. Пер. С англ. М. Изд. Иностр. лит. 1956. 735 с.
12. Mandel Gregory N. *History lessons for a General Theory of Law and Technology Minnesota Journal of Law, Science (and) Technology*, - vol 8, Issue 2, Article 10, 2007

Библиографическая ссылка: Романенко В.Н., Никитина Г.В. Краткие сведения о библиографии, наукометрии и различных индексах // НБИКС: Наука. Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 223-254

Article reference: Romanenko V.N., Nikitina G.V. Brief information on bibliography, sciencemetrics and various indexes // NBICS: Science. Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 223-254

Образование



УДК 371.314.6

Проектная деятельность и её реализация в образовательных учреждениях: обзор на основе опыта применения в рамках мыследеятельностной педагогики

Рязанов И.А.

*федеральный тьютор Биоквантума
ФГАУ «Фонд новых форм развития образования»
ivan.ryazanov.73@list.ru*

Шаров М.О.

*магистрант I курса исторического факультета
Государственного Академического Университета Гуманитарных Наук при РАН,
руководитель образовательной программы ЦМИТ «Антарес»
matatv@rambler.ru*

Аннотация: данная статья раскрывает проблему применения проектных технологий в общем и высшем образовании в России. Определяется понятие проекта и проектной деятельности в рамках различных подходов к этой проблеме. Предлагается оригинальная классификация проектов в образовательном поле, а также разъясняется различие результатов деятельности проектов в зависимости от масштаба проектирования. Кроме того, упоминается о Национальной Технологической Инициативе, а в конце обзора обозначаются общие тенденции в развитии российского образования и актуальные вызовы и проблемы современности.

Ключевые слова: проект, проектная деятельность, мыследеятельностная педагогика, школа, университет.

UDC 371.314.6

Project activity and realization educational institutions: overview based on experience of application in practice of thought-based pedagogy

Ryazanov I.A.

*Federal tutor Biquantum
FGAU «Fund new forms of education development»
ivan.ryazanov.73@list.ru*

Sharov M. O.
the student of I course of the faculty of history
State Academic University of Humanitarian Sciences of RAS,
the head of the educational program of the YICC «Antares»
matatv@rambler.ru

Annotation: the article reveals the problem of the use of project activity in general and higher education in Russia. Defined the concept of the project and project activity through various approaches to this problem. An original classification of projects in the field of education, as well as explaining the difference in the performance of projects, depending on the design scale. In addition, mention is made of the National Technology Initiative, and at the end of the review indicated by the general trends in the development of Russian education and current challenges and problems of our time.

Keywords: design, design activity, thought-activity pedagogy, school, university.

Проектная деятельность и её реализация в образовательных учреждениях: обзор на основе опыта применения в рамках мыследеятельностной педагогики

Введение

Одним из способов обучения детей в школе, наряду с прочими, является обучение в рамках мыследеятельностного подхода, в основе которого лежит представление о том, что необходимо развивать способности учащихся по работе с разными видами знания и включать учеников в деятельность, через которую они будут осваивать знания и проходить личностное самоопределение. Такой деятельностью является проектная деятельность, в рамках которой дети в командной работе производят социальные действия по преобразованию окружающей их действительности. Проектная деятельность благоприятно сказывается и на получении предметных знаний, так как во время работы над проектами детям с необходимостью приходится углубляться в те или иные предметные области. В ходе работы в проектах ученики осваивают технологии проектирования решений по изменению окружающей действительности, которые впоследствии помогают организовывать командную работу и выходить на реализацию «взрослых» проектов в рамках широких сообществ.

Данный обзор призван рассмотреть проектную деятельность как образовательный феномен, направленный на развитие личности ученика и его способностей к деятельности, мышлению, пониманию, рефлексии, способности к социальному действию и как необходимую форму организации образовательного процесса, дополняющую остальной образовательный процесс в рамках учебной программы. В обзоре будут рассмотрены разные точки зрения на понятие проекта, представлены разные классификации и типологии

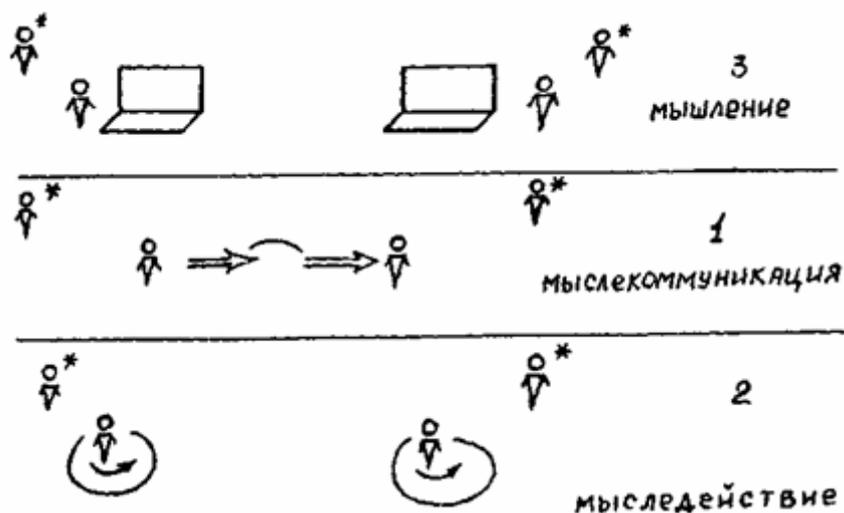
проектов как вида деятельности, уделено внимание понятию продукта и ресурса в проектной деятельности и важности этих понятий в пространстве деятельной действительности. Кроме того, будет представлена в качестве особого феномена современного проектирования Национальная Технологическая Инициатива.

Понятие проекта и проектной деятельности в рамках различных концепций

Прежде чем начать разъяснения относительно того, что, по мнению авторов обзора, представляет собой проект и проектная деятельность, необходимо обозначить позиции, с которых данный вопрос будет рассматриваться – позиции **мыследеятельностной педагогики** и **системомыследеятельностного подхода**. Мыследеятельностная педагогика представляет собой педагогическую школу, в рамках которой «разработана уникальная отечественная технология, позволяющая реально повышать качество образовательного процесса через работу со способностями учащегося. Именно работа со способностями определяет выход в содержание образования и открывает для педагога новые возможности в контакте с ребенком. Формируя способности, педагог тем самым организует образовательное движение учащегося в разных полях предметного знания нефиктивным образом»¹.

В рамках системомыследеятельностного подхода проект является **проявлением в деятельности мыслительных представлений о способе преодоления проблемной социокультурной ситуации (или проблемы), зафиксированных в результате (продукте)**. Для того, чтобы развернуть данное определение, необходимо обратиться к первоосновам МДП, а именно к прояснению понятия мыследеятельности.

Схема мыследеятельности была введена Г. П. Щедровицким. Она выглядела следующим образом:



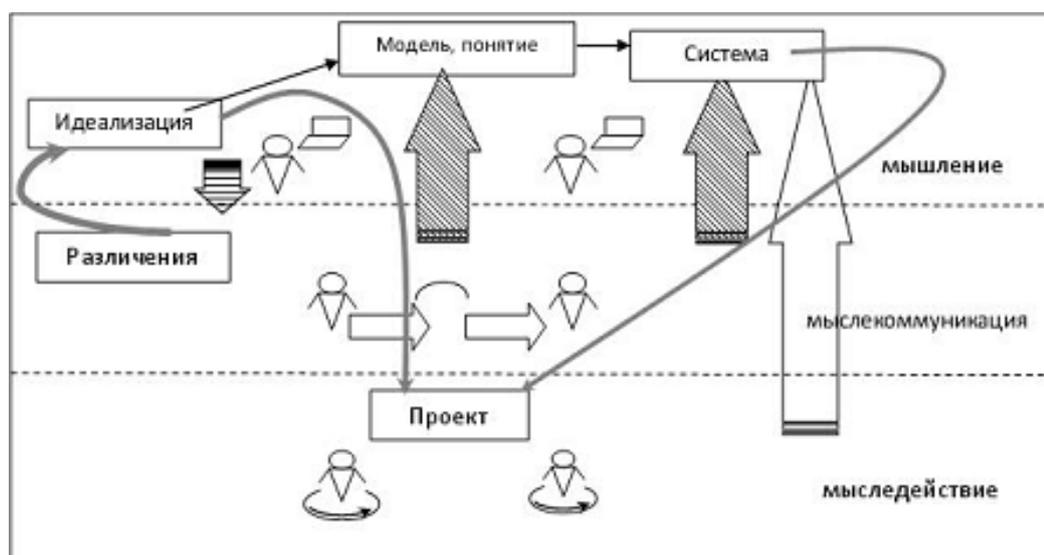
¹ Громько Н. В. Мыследеятельностная педагогика и новое содержание образования. Метапредметы как средство формирования рефлексивного мышления у школьников. <http://1314.ru/node/24>

Она включает в себя три слоя – мышление, мыслекоммуникацию и мыследействие. Обладая деятельностной природой, мыследеятельность деятельно-стью не является². В то же время, мыследеятельность – это процесс, причём процесс неповторимый и уникальный в каждом своём акте. Деятельность, в отличие от мыследеятельности, может быть повторена многократно по установленному алгоритму. Деятельностная природа мыследеятельности, со слов Ю.В. Громько, есть возможность поиска и нахождения средств для повторения неповторимого акта мыследеятельности. **Выделение средств и метода является основой перевода единичного и неповторимого процесса на уровень стандартной методики познания.**

В основе организации любой проектной деятельности лежит, выделение предельно глобальной социокультурной проблематики, на решение которой впоследствии проектная деятельность направляется. Однако, одним из основополагающих принципов проектной деятельности является фраза, приписываемая шотландскому социологу Патрику Геддесу – «**мысли глобально, действуй локально**». В связи с этим проектная деятельность также зиждется на выделении конкретной проблемной ситуации, позиций, имеющих отношение к ней, понимании конечного результата, к которому необходимо стремиться в процессе реализации проекта, а также выделение способа действий и ресурсов, необходимых для изменения ситуации и достижения поставленной цели.

Если соотносить работу в проектом ключе со схемой мыследеятельности, то эта работа имеет вектор, направленный в слой мыследействия. В отношении к знанию проектное движение раскрывает его организационно-деятельностную, или практическую, сторону.

Как может быть построено движение в проектом ключе на основании выработанного теоретического знания? Попробуем объяснить это схемой:



² Здесь и далее из записи семинара НИИ ИСРОО от 26.11.09. Выступление Ю.В.Громько «К докторск. дис. Н.В.Громько, по замечаниям Лекторского»

Прежде всего, происходит движение, направленное на выработку теоретического знания – от различения, достигнутого в слое мыслекоммуникации, к идеализации, а далее – к модели, понятию и системе в слое мышления. Кроме того, происходит взаимопроникновение слоёв мыследействия для построения понятия и системы (теории).

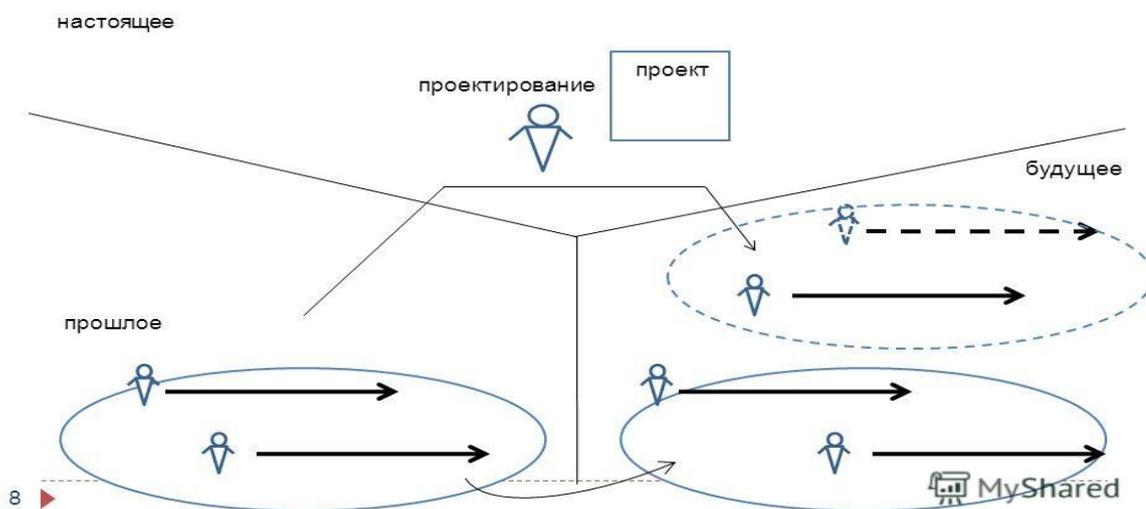
Нисходящие стрелки от форм теоретического знания к проекту не ограничиваются построением идеализации, но включают переходы от модели и системы. В этом случае проект выходит за рамки решения социокультурной проблемы и рассматривается, как прорывной проект в области знаний с выходом на практическое применение нового представления о предмете.

Крайне важным является то обстоятельство, что проект является не только формой организации деятельности, в рамках которой вырабатывается знание, но оно также и применяется, без чего знание теряет своё значение.

Момент, связанный с принятием учащимися социокультурной проблематики проекта, является одним из краеугольных камней в рамках обучения проектной деятельности.

Необходимо отметить, что проектная деятельность есть проекция мыследействия на плоскость деятельности. Этот момент иллюстрирует схема шага развития:

Схема шага развития



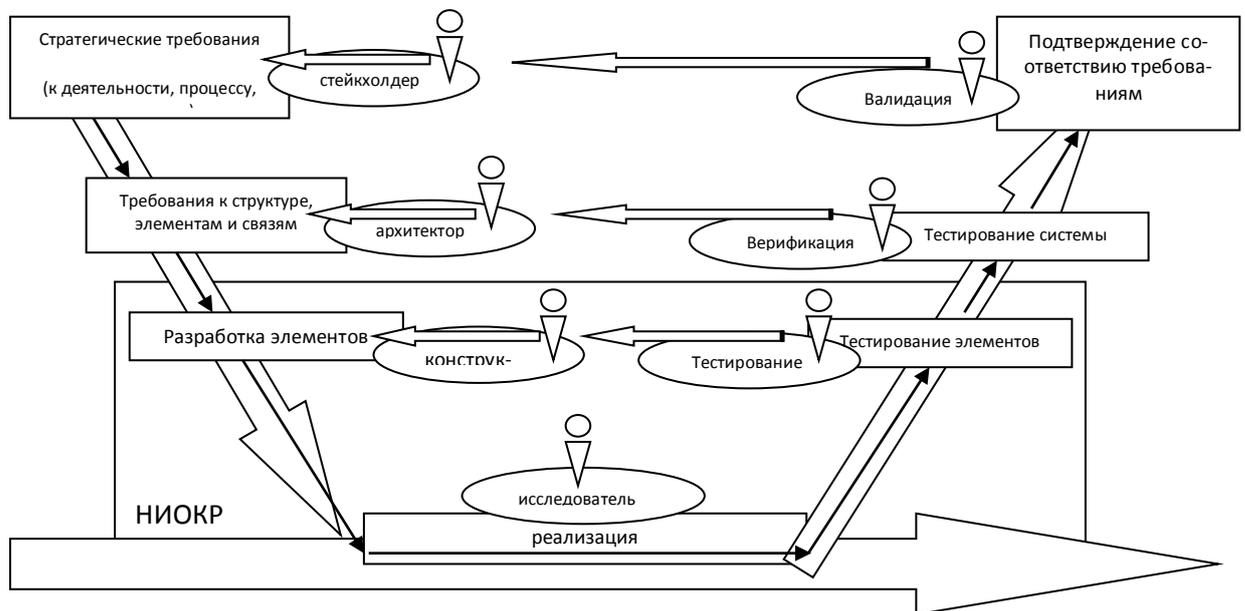
«Она [схема шага развития] содержит три, как принято говорить, «подсистемы» целого, которые мы будем трактовать в соответствии с современными методологическими представлениями более точно – как три временных пространства: прошлого, настоящего и будущего. В пространстве прошлого находятся существующие сейчас системы <...>, которые нужно совершенствовать и развивать, в пространство будущего мы помещаем представления о системах <..>, которые мы считаем желаемыми и соответствующими

нашим современным запросам и требованиям, в пространстве настоящего – оно изображено в верхней части схемы – должна находиться та система мыслительности, которая может и призвана посредством своих организационно-технических действий <...> осуществить преобразование или развитие существующих систем <...> к желаемым и заданным нашими проектами, программами и планами состояниям»³.

Введение учащихся в проектную реальность позволяет:

1. Развить в них **способность к самостоятельному действию**;
2. Продемонстрировать, каким образом эта способность решает **вопросы адаптации учащихся в социуме**;
3. **Усиливает мотивацию к освоению предметного материала**;
4. Позволяет **преодолеть межпредметные барьеры** и выстроить понимание многомерности процесса познания;
5. Кроме того, в процессе проектной деятельности или начальной работе в проектной команде, возникают ситуации, которые, будучи выявлены или сценарированы педагогом, **демонстрируют актуальность проектного действия для дальнейшей профессионализации учащихся**;

Знакомить учащихся с основами системного инжиниринга и решать выше перечисленные задачи позволяет использование в процессе обучения проектной деятельности V-модели в качестве нормирующей в отношении жизненному циклу проекта.



Несмотря на то, что использование V- модели наиболее эффективно при разработке проектов, для которых требования максимально четко определены заранее, понятны методы реализации, решения и технология, применение V-модели при обучении проектированию в ситуации недостаточности знаний, позволяет фиксировать:

³ Из: Г.П.Щедровицкий. Категории сложности изыскательских работ // Из архива Г.П.Щедровицкого. Т. 1. М., 1999

1. на каком этапе жизненного цикла находится проект;
2. соответствие деятельности проектной команды требованиям для прохождения этапа.

Благодаря этому, применение V-модели технологизирует обучение проектной деятельности.

Проектная форма обучения, позволяет соединить мыследеятельностный и деятельностный подходы в обучении, поскольку без строгой мыследеятельности, самоопределения к проблемной ситуации невозможно эффективное действие по решению социокультурной проблемы.

Одним из ярких примеров развития социокультурного проектирования в рамках традиции МДП является Школа Генеральных Конструкторов им. П.Г.Кузнецова, появившаяся в 2005 году в рамках экспериментальной программы развития образования Северо-Западного округа Москвы. В рамках ШГК школьники занимались созданием прорывных проектов в области медицины, авиации, космической промышленности, фармацевтики, энергетики и других стратегических областях российской экономики. Отличительной особенностью технологии ШГК является введение учащихся в проблематику проектирования отраслей, кластерных схем производства, а не конкретных конструкторских разработок или исследований, движение от фундаментальной проблематики к технологическому решению.

Нормативно в традиции МДП проектный цикл состоит из следующих этапов:

1. Постановка социокультурной проблемы и цели, на которую будет направлен проект.
2. Формирование замысла социального действия, необходимого для реализации поставленной цели.
3. Организация и осуществление этого действия.
4. Рефлексия осуществленного действия и постановка новой задачи на социальное действие.

Поскольку цель образовательного проекта (решение социокультурной проблемы) заведомо превышает возможности ее достижения в «первом» действии, то рефлексия устанавливает расхождение между достигнутым результатом и изначально поставленной целью.

Кроме того, в рамках МДП присутствует концепция **детско-взрослых научно-образовательных производств**, которые описаны в «Стратегии развития Московского образования до 2030 года. Проект 2» авторского коллектива под научным руководством Ю.В.Громыко (Москва, НИИСРО 2012 г.). В состав ДВНОП входят школьники, студенты, молодые специалисты вместе с опытными инженерами, конструкторами, технологами и управленцами. Модель ДВНОП основана на разделении команды на кластерные подкоманды – инженерно-конструкторскую, дизайнерскую, маркетинговую и исследовательскую. В данной системе функция учащихся состоит в разработке инновационных продуктов и интеллектуальной работе, а не в обслуживании станков. Через взаимодействие с гибкими производствами в рамках ДВНОП по-

рождается как «производственный» продукт, так и «кадровый» – в виде подготовленных школьников и студентов, получивших опыт работы в производстве.

На основании инженерной деятельности (конструирования) возникает представление о принципиально новой – инженерной реальности, в рамках которой формируются типы инженерной деятельности. В рамках инженерной школы проектирования, под проектом подразумевается совокупность документации для реализации замысла по созданию определённого механизма (машины). Проектирование же – процесс создания необходимой инженерно-конструкторской документации, на основании которой происходит изготовление востребованного механизма⁴.

Инженерное проектирование также определяется как процесс, в котором научная и техническая информация используется для создания новой системы, устройства или машины, приносящих обществу определённую пользу⁵. Рамка проектирования как процесса в инженерном проектировании отличается от понимания проектной деятельности в традиции МДП, что позволяет включить НИОКР как стадию социокультурного проектирования и применять в рамках обучения проектной деятельности.

Говоря об инженерно-конструкторском проектировании, нельзя не упомянуть также и о технологии **CDIO** («Conceive-Design-Implement-Operate» / «Задумай-Спроектируй-Реализуй-Управляй»). Структура проекта, согласно данной технологии, сводится к 4 элементам:

1. Замысел.
2. Разработка.
3. Внедрение.
4. Эксплуатация.

Такая схема названа схемой **проекта полного жизненного цикла**. Задача проекта заключается в том, чтобы быть локомотивом процесса обучения. Выделяются две позиции: позиция заказчика образовательного результата и заказчика продуктивного результата.

Главная проблема такого подхода к проектной деятельности в том, что прошедшие через подобную технологию учащиеся не смогут спокойно встроиться в работу на обычных предприятиях, т.к. там требуется не дипломированный инженер с проектным мышлением, а квалифицированный инженер. Профессиональное определение куда-либо должно происходить уже во время обучения через встраивание в какие-либо проектные структуры. Также выделяется проблема излишнего акцента на результат в рамках вуза (в то же время в рамках ШГК идёт излишний акцент на чрезмерно глобальные результаты преимущественно в области теоретических построений кластерных схем).

⁴ по ГОСТ 22487-77

⁵ П. Хилл. Наука и искусство проектирования. Методы проектирования, научное обоснование решений. Пер. с англ., под ред. Венды В.Ф., М.: Мир, 1973.

На сегодняшний день существует несколько подходов к проектированию и реализации проектной деятельности в рамках обучения школьников. Главный положительный момент описанных выше подходов состоит в том, что они чётко задают понятие проекта, а также предлагают альтернативу доминирующей форме организации «проектной» деятельности, в которой понятие проекта отождествляется с реферативной работой, что приводит к неверному пониманию сущности проектной деятельности.

Классификация проектов, основы для классификации и выделения различий

Проектная деятельность имеет огромный образовательный потенциал при её реализации в школах, институтах, университетах. Особенно она раскрывается в том случае, если имеется система организации проектной деятельности. Её построение зависит от того, какие типы проектов видятся организаторам проектной работы.

При проведении типологизации проектов часто используются очень разные основания для классификации – длительность работы проекта, масштаб, доминирующий тип работы в проекте, предметно-содержательный аспект. Однако, на примере разных проектных школ – таких как программа «Система приоритетов» («Лифт в Будущее»), Тихоокеанская проектная школа – вполне работоспособной зарекомендовала себя классификация проектов по доминирующему типу предметного содержания проекта. На основании этого можно выделить следующие типы:

1. **Инженерно-технический проект** – проект, в котором в первую очередь реализуются потенции учащихся, связанные с техническими областями: математика, информатика, физика и т.д. Чаще всего подобные проекты имеют перед собой цель достижения определённого материального результата – некоей инженерной конструкции, создаваемой под определённые задачи. Ключевой особенностью данного типа проектов, является материальная составляющая проекта, связанная с непосредственно физическим созданием продукта. Подобные проекты вызывают живой интерес у учащихся, поскольку по его созданию они могут увидеть то, как результат их работы применяется в реальном мире.
2. **Естественно-научный проект** – проект, связанный с реализацией некоего решения проблем чаще всего биологического характера. Главной предметной областью данных проектов является блок естественных наук – биология, химия, физика (скорее, как наука о природе, *physis*, нежели её практический аспект, связанный с инженерно-технической работой). Отличительной особенностью данных проектов является интенция на решение проблем, связанных с биосферой Земли и/или её составляющими. Кроме того, в подобных проектах большой сегмент уделён исследовательской и лаборатор-

ной работе. Специфичность результата заключается в том, что он либо локальный, но быстро достигаемый, либо обширный, но достигаемый за долгий промежуток времени.

3. **Гуманитарный проект** – этот тип проектов связан с блоком гуманитарных дисциплин – филология, история, лингвистика, общественно-ведческие дисциплины. Данный тип проектов с точки зрения реализации и включения в список проектов как таковых является одним из самых проблемных. Главная сложность гуманитарных проектов – это зачастую отсутствие явного материального продукта. Через данную особенность и высвечивается главная специфика гуманитарных проектов – не создание вещи, а оказание влияния на духовно-нравственный и интеллектуальный мир человека. Материальный результат подобных проектов выражается в интеллектуальном результате, где материальный носитель может быть совершенно разным. Однако, при всех сложностях, образовательный, научный и вообще интеллектуальный потенциал подобных проектов очень велик.

Кроме того, в данную классификацию следует внести ещё два типа проектов. С одной стороны, на первый взгляд они выходят за её рамки, поскольку вполне могут включать в себя все вышеперечисленные типы предметного содержания. Однако, они имеют в себе и оригинальное содержание, которое не столь явно выведено на первый план, не столь легко фиксируемо, как в вышеперечисленных случаях.

1. **Образовательный проект** – работа в данном типе проектов нацелена на создание некоего продукта, применимого в образовательной деятельности в том или ином виде. Образовательные проекты могут включать в себя абсолютно все типы знаний и дисциплин, перечисленных в первых трёх типов проектов. Но то, без чего образовательный проект не может состояться – это работа с педагогическим и психологическим знанием, связанным с методами обучения и изучением психологических особенностей целевой аудитории проекта с точки зрения развития, воспитания и образования, с изучением аксиологического аспекта развития человека в принципе. Результатами подобных проектов могут быть как некоторые образовательные курсы, модули, проекты, так и средства, методы и способы диагностики способностей и уровня знаний у людей. Специфика данного типа проектов – выход (или путь к выходу) в педагогическую позицию самих участников проекта, которые в описываемой в данном обзоре ситуации сами являются учащимися. По сути, такой проект становится для проектантов имитацией педагогической практики. Однако, в силу специфичности педагогической деятельности, аудитория тех, кто готов в подобные проекты подключаться, так же довольно осо-

бенная, поэтому мотивационный вопрос в подобных проектах стоит особняком.

2. **Социокультурный проект** – наверно, самый большой по своей масштабности тип проектов. Вся сложность отнесения его к данной классификации в том, что он действительно всеобъемлющ. Его главная интенция – решение глобальных проблем, связанных с социумом, на разных уровнях – это может быть и школьный уровень, и уровень страны. Специфическим для данного типа проектов знанием содержанием является знание об обществе – т.е. не что иное, как область гуманитарных дисциплин: социология, политология, маркетинг и т.д. Подобные проекты «заточены» на практику социального действия. И в этом смысле, он может включать все четыре предыдущих типа проектов как части одного большого целого, работающего решительно на все сферы деятельности общества. Данный тип проектов является одним из самых трудноподъёмных для учащихся, но вместе с тем он имеет и самый большой образовательный потенциал: работа в социокультурном проекте позволяет проследить взаимосвязи сфер общества, погрузиться в совершенно разные области знания, научиться работе с людьми во «взрослом» мире. Вопрос результата проекта здесь также находится на особом месте – подобный тип проектов может быть самым пролонгированным, его можно пересобирать огромное количество раз, снимая полученные за определённый этап результаты. Такие проекты в пределе очень долговечны и представляют собой некий формат общественной организации или корпорации предпринимателей в разных сферах, объединённых глобальной целью.

Есть достаточно большое количество и иных классификаций⁶, учитывающих какие-либо другие основания: масштаб проекта, тип работы в нём и т.д. Выше приведённый вариант типологизации проектов требует также некоторых дополнений и пояснений.

Прежде всего, надо заметить, что одна из специфических черт описываемого варианта реализации проектной деятельности заключается в том, что проекты сами по себе зачастую представляют комплексный формат. В проектной работе выделяются рамки той проблематики, за рассмотрение которой берутся проектанты. В качестве примера можно рассмотреть проект, реализовывавшийся на базе школы №1314 (ныне – СП-2 ГБОУ СОШ №2090) под названием «Живой Город». Проект начинался как некоторая инженерно-

⁶ См., напр., Коньшунова А. Ю. К вопросу о классификации проектов в проектном управлении. [Электронный ресурс] // Заочные научные конференции 2016. Публикация в Scopus. URL: <http://sibac.info/conf/econom/xxii/35373> (дата обращения: 21.09.2016)

техническая и биологическая задача – создание теплицы для выращивания высокофитонцидных растений на переходе между двумя корпусами школы типа «Самолётик». Но по ходу разворачивания работы для проектантов «нарастилось» то содержание, которое в общем-то и закладывалось изначально создателем проекта: была обнаружена социокультурная рамка проекта, заключающаяся в проблеме выживания человека как вида и сохранения биосферы Земли. По мере углубления в проект можно было также обнаружить и более узкие рамки проблематики: это естественно-научная – заключающаяся в тяжёлом экологическом состоянии биоценоза; инженерно-техническая, заключающаяся в создании оригинального конструкторского решения в виде энергонезависимой теплицы, расположенной в специфических условиях. На этом примере чётко видно, что зачастую приведённые типы проектов взаимопроникают и пересекаются друг с другом.

Такой характер пересечений этих типов также обусловлен комплексностью проектной деятельности как образовательной формы и организационным решением работы вообще. Проект не может быть замкнут на одну маленькую учебно-школярскую задачу, проект не может быть только исследовательской или лабораторной работой. Проект всегда является вариантом решения некоторой проблемы, направленным на социальное действие.

Данная типологизация позволяет более конкретно связать стандартный образовательный процесс классно-урочной системы с реальным действием, которое и происходит в рамках тех или иных проектов. Она намного более удобна именно применительно к образовательному процессу, чем, скажем, классификация по масштабу проектов или по количеству участников.

Продукт деятельности в зависимости от масштаба проектирования

Под «масштабом проекта» понимают, как правило, объёмы финансирования проекта, размеры проекта, количество участников и степень влияния на окружающий мир. Разделение проектов на проекты с большими, средними, малыми затратами может быть отдельно осуществлено только по критерию объёма необходимых финансовых ресурсов⁷. Что же касается проектов в образовательной деятельности, то нельзя использовать данный критерий прямо, поскольку задача проектов в качестве одной из форм организации учебной деятельности состоит именно в образовательном аспекте, а не финансово-предпринимательском. Здесь критерием масштабности скорее должна являться обширность целевой аудитории продукта проекта.

Исходя из практики преподавания проектной деятельности в школах с мыследеятельностной педагогикой, а также в разного рода проектных школах, можно зафиксировать разные типы результатов, достигаемых в проектах и зависящих от масштаба проектирования.

⁷ Коньшунова А. Ю. К вопросу о классификации проектов в проектном управлении // Экономика и современный менеджмент: теория и практика: сб. ст. по матер. XXXII междунар. науч.-практ. конф. № 12(32). – Новосибирск: СибАК, 2013.

Первыми мы рассмотрим результаты проектов, нацеленных на узкую аудиторию – на то образовательное учреждение, в котором обучаются дети. Такие проекты зачастую используются в обучении проектной деятельности, и с точки зрения масштабов являются самыми локальными. Продуктом проекта в данном случае может быть проведение какого-либо события в стенах учреждения, или же некоторый вещный продукт, направленный на данную аудиторию. Как пример такого проекта можно привести издательский проект, заключающийся в создании школьного журнала, в котором дети имеют возможность самовыразиться на разные тематики. Специфической чертой продуктов подобных проектов является их локальность – они чаще всего применимы только для аудитории, формирующейся вокруг образовательного учреждения (в данном случае описывается пример школьного проекта для 9-11 классов).

Есть проекты, которые выводятся на более широкий масштаб – районный, окружной, городской. С географическими масштабами меняется и качество самого результата, к которому стремится проект. Прежде всего, этот результат будет характеризоваться тем, что он будет общеупотребим для всех независимо от принадлежности целевой аудитории к учебному заведению, на базе которого разворачивается проект. Этот результат универсален и полезен для всех. Следующая особенность продукта – его соотнесение с привязкой к конкретному региону, в котором разворачивается проект. Этот продукт должен быть социально востребован, отвечать запросам со стороны социума, в рамках которого и замысливается социальное действие проекта. Ещё одна особенность результата – нацеленность самого результата на реальный мир. Внутри образовательного учреждения так или иначе формируется некоторая «тепличная среда» – более мягкая по сравнению с реальной действительностью. Поэтому те учащиеся, которые берутся за проекты подобного или большего масштаба, с необходимостью вступают в контакт с конкретными позициями общества безо всяких смягчающих моментов. Дети попадают в пространство реального действия, что повышает требования к продукту, в разработке которого должны быть учтены факторы, имеющиеся в этой действительности.

Таким образом, в подобных проектах, охватывающих уже масштаб фрагмента реального социума, продуктом выступает некоторое действие или вещный предмет, необходимый для этого социума.

Следующее расширение масштаба проектирования необязательно связано с увеличением географических пространств. Следующий уровень масштаба проектирования связан с изменением целеполагания проекта: происходит переход от проектирования конкретного решения конкретной задачи или ответа на конкретный запрос части социума к проектированию принципиальной схемы общего устройства той или иной отрасли деятельности социума.

Надо отметить, что подобные проекты действительно даются в том числе и учащимся в качестве того пространства, в котором они способны отточить навыки проектирования, но важным моментом является возвращение с

уровня проектирования общих принципиальных схем на уровень реального действия. Проектирование таких масштабов для учащихся зачастую выступает как тренажёр для отработки навыков проектирования, нежели как создание реального проекта. Продуктом подобного типа проектирования является принципиальная схема устройства того фрагмента реальности, за который берутся проектанты – будь то новое устройство отрасли экономики или же устройство конкретного производства. Продукт проекта здесь максимально интеллектуализирован и минимально материализован. Целевая аудитория таких проектов является достаточно узкой и специализированной, такие проекты чаще всего выполняются под определённый заказ. Особенностью работы подобных проектов является тесная работа с экспертным сообществом в области реализации проекта.

В связи с вопросом о продукте и масштабах проекта важно отметить понятие ресурса в учебной проектной деятельности. Понимание того, какого качества может и должен быть результат очень связано с пониманием того, какими ресурсами располагает, может и должен располагать проект. Зачастую ученики, которые только-только включаются в проектную деятельность, видят в качестве ресурса исключительно финансовый его тип. Из-за этого появляется непонимание, какими средствами достигать проекту поставленных целей.

Впоследствии, через работу с проектантами по конкретизации того, что именно нужно для реализации проекта, получается прийти к, казалось бы, очевидной мысли – ресурсы не ограничиваются финансовыми средствами. Интеллект, время, связи, влияние также являются ресурсами, как и множество других вариантов, и момент понимания этого является одним из ключевых при реализации любого проекта. И в этом смысле, масштаб проекта также задаёт и пул тех ресурсов, которые будут необходимы для его реализации.

Дорожные карты НТИ и проектные технологии

Отдельного внимания заслуживает Национальная Технологическая Инициатива, запущенная Агентством стратегических инициатив в 2014 году. НТИ преподносится как «долгосрочная комплексная программа по созданию условий для обеспечения лидерства российских компаний на новых высокотехнологичных рынках, которые будут определять структуру мировой экономики в ближайшие 15-20 лет».

Проект НТИ – это процесс проектирования будущего, сопровождающийся постоянной корректировкой направления развития, соответственно динамически развивающейся ситуации.

НТИ включает системные решения по определению ключевых технологий, необходимых изменений в области норм и правил, работающих мер финансового и кадрового развития, механизмов вовлечения и вознаграждения носителей необходимых компетенций.

Выбор технологий производится с учетом основных трендов мирового развития, исходя из приоритета сетевых технологий, сконцентрированных вокруг человека как конечного потребителя.

В разработку НТИ вовлечены проектные, творческие команды; технологические компании, которые готовы впитывать новые разработки; ведущие университеты; исследовательские центры; деловые объединения страны; институты развития, экспертные и профессиональные сообщества; заинтересованные министерства.

Кроме того, НТИ выходит также и на работы со школьниками через проведение Олимпиады НТИ – это всероссийские многопрофильные инженерные соревнования для школьников 9-11 классов по 4 направлениям⁸: «Автономные транспортные системы», «Большие данные и машинное обучение», «Космические технологии» и «Интеллектуальные энергетические системы». Соревнование проходит в два этапа: индивидуальный онлайн-тур и командный финал, в котором участникам предстоит создать работающее устройство. Одновременно с олимпиадой будут открыты онлайн-курсы, которые помогут познакомиться с миром современной инженерии.

Кроме того, важными особенностями проекта НТИ также являются:

- субъектом проектирования выступают конкретные участники проекта, формирующие позиционную структуру проекта НТИ;
- проект НТИ направлен на реализацию видения будущего в формате опережающего развития рынков, социума и технологий (в т.ч. технологий образования);
- проектирование происходит одновременно во многих плоскостях: кадры, рынки, технологии, что позволяет формировать комплексное представление будущего.

Таким образом, в рамках проекта НТИ выстраивается одновременная работа с мировоззрением, знанием и деятельностью, что обеспечивает устойчивость всей системы.

Анализ дорожных карт НТИ показал, что Президиумом совета по модернизации экономики и инновационного развития России одобрены направления, необходимость развития которых подтверждается готовностью социума принять новые технологии (мировоззрение), наличием знаниевой платформы (не только фундаментальных, но и технологических знаний) для реализации замысла и наличием команд, готовых реализовать данное направление.

В любом случае, проектирование в рамках НТИ это, прежде всего, социокультурное проектирование, т.к. включает в себя работу по разрешению конкретных проблем, имеет научно-исследовательскую и инженерно-техническую составляющую, поддерживается разрабатываемыми параллельно моделями бизнеса.

⁸ Информация актуальна на момент написания статьи. На момент выхода в Олимпиаде представлены уже 17 направлений-треков, см. <http://nti-contest.ru/>

Заключение

В заключении к вышесказанному, мы считаем важным отметить следующие положения.

На сегодняшний день российское образование переживает сложные времена в связи с разнообразными изменениями, влекущими за собой повышение уровня бюрократизации процесса, «схлопывание» в сторону компактности содержания материала, которому обучают детей, а также практически полное отсутствие практики реального социального действия у выпускников общеобразовательных учреждений. В этом смысле российскому образованию явно требуется та форма, через которую можно было бы компенсировать создающиеся и имеющиеся на сегодняшний день сложности. Подобной формой может служить проектная деятельность.

На данный момент проектная деятельность действительно вводится в школах, однако надо понимать, что под «проектной деятельностью» понимается слишком много форматов, которые действительной проектной деятельностью не являются. Из-за этого происходит отождествления проекта с рефератом, лабораторной работой, эссе. Этот подход является контрпродуктивным, поскольку закрывает путь для проведения работы в настоящих проектах, т.к. позволяет свести «проектную деятельность» к формальному исполнению требований школьных учителей, либо же – что ещё хуже, однако имеет место быть – к замещению часов, отводимых на проектную деятельность, дополнительными часами профильных предметов.

При этом уже довольно давно существуют разные подходы к проектной деятельности, которые нуждаются в популяризации и внедрении в жизнь. Безусловно, они являются куда более трудозатратными с точки зрения разных ресурсов, однако, нельзя игнорировать тот факт, что они выдают куда более солидный и применимый к реальной жизни результат. Школьники превращаются в настоящих проектантов, которые способны реализовать серьёзное социальное действие, достичь реального продукта, представить его и впоследствии куда более обдуманно избрать свой профессиональный путь. Одним из подходов, опирающихся в том числе и на проектную деятельность, является мыследеятельностная педагогика.

В российских школах неоднократно проводилась апробация мыследеятельностного подхода в обучении и применение технологий проектной деятельности в процессе обучения школьников, результатом чего становилась реализация проектов разного масштаба – от школьного до городского.

Проектная деятельность является необходимым элементом обучения в образовательных учреждениях – как школах, так и университетах – и наиболее эффективной технологий как по освоению новых знаний учащимися, так и по включению их в деятельность по достижению реального результата, который впоследствии может стать решающим в вопросе профессионального самоопределения.

Список литературы

1. Аكوпова Э.С., Л.Н. Алексеева, А.А. Андрюшков, О.И. Глазунова, Л. В. Голубцова, Н.В. Громыко, Ю.В. Громыко, Е.Ю. Иванова, В. Ю. Извеков, С.В. Казначеев, М.В. Половкова, А.А. Третьяков, С.П. Усольцев, А.А. Устиловская, Е. В. Хижнякова, И.С. Чаусов "Стратегия развития образования до 2030 года. Вариант 2" - <http://nii.smdp.ru/strategiya>
2. Андрюшков А.А.. "Образовательные проекты в мыследеятельностной педагогике. Обучение проектированию" - <http://1314.ru/projects>
3. Генисаретский О.И. Философия проектности. М., 2015 г.
4. Громыко Н. В. Способы обновления знаний: Эпистемотека. М., 2007.
5. Громыко Ю.В. Проектное сознание: руководство по программированию и проектированию в образовании для систем стратегического управления. М.: Институт учебника Пайдейя, 1998.
6. НТИ, Сайт инициативы: <http://asi.ru/nti/>
7. Проектные и исследовательские методы в московском образовании: опыт работы городских сетевых экспериментальных площадок. Сб. НИИ ИСРОО, М. 2007 г.
8. Проектные методы в московском образовании: практика реализации деятельностного подхода // Сб. НИИ ИСРОО, сост. Жасминова В. Г. Научн. Ред. Гуревич А. В. Хижнякова Е. В. М., 2010.
9. Разработка и апробация мониторинга развития способностей учащихся на основе мыследеятельностного подхода: Сборник. М., 2008.
10. Рязанов И.А., Шаров М.О. "Обучение проектной деятельности. Опыт ведения полифокусного проекта" н.-м. журн. "Исследовательская работа школьников" М., "Народное образование", №2(52) 2015 г.
11. Щедровицкий Г.П., Генисаретский О.И.. "Деятельность проектирования и социальная система. Научный отчет по теме 1(1а) 3. ВНИИТЭ ГКНТ. 1967 // Теоретические и методологические исследования в дизайне. Избранные материалы. Ч. I. Труды ВНИИТЭ. Техническая эстетика. Вып. 61. М., 1990 [Теоретические и методологические исследования в дизайне. Избранные материалы. М., 2004]
12. Щедровицкий П. Г., Ковалевич Д. А. Конвейер инноваций [электронный ресурс] URL: http://asi.ru/nti/docs/Konveyer_innovaciya.pdf (дата обращения: 21.09.2016 г.)

Библиографическая ссылка: Рязанов И.А., Шаров М.О. Проектная деятельность и её реализация в образовательных учреждениях: обзор на основе опыта применения в рамках мыследеятельностной педагогики // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 256-272

Article reference: Ryazanov I.A., Sharov M. O. Project activity and realization education-al institutions: overview based on experience of application in practice of thought-based pedagogy // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 256-272

Проектная деятельность у школьников и студентов как инструмент формирования навыков для самообразования

*Новичков И.А.,
goodledash@yandex.ru
Романченко А.С., Набиева Н.Р.*

Аннотация. В условиях быстрого устаревания знаний и профессий общество нуждается в механизме образования, который давал бы необходимые навыки и умения для самостоятельного обучения и освоения информации. Таким механизмом является метод проектов, который не только обеспечивает плацдарм для самообразования, но и мотивирует на получение новых знаний. В данной статье обосновывается необходимость перехода со старой системы образования на новую, усовершенствованную, которая дает учащимся возможность мыслить креативно, выражать свою индивидуальность и при этом получать необходимые для современных реалий навыки.

Ключевые слова: самообразование, проектная деятельность, педагогическая технология; самостоятельная работа студентов, самовоспитание, психология личности, профессиональное развитие, проект, исследовательская деятельность учащегося, организация проектного обучения, возможности проектной деятельности, системно-деятельный подход, личностно-ориентированное обучение.

Pupils' and Students' Project Activity as a Way of Forming Skills for Self-Education

*Novichkov I.A.,
goodledash@yandex.ru
Romanchenko A.S, Nabieva N.R,*

Abstract. This paper describes the necessity of changing the educational system from the traditional one to the modern and developed one. The new system of studying provides some changes in understanding the process of studying itself. First of all, the perception of study like an action that can be done only in school and university should be changed. In nowadays reality a person should study during the whole life to be competitive in the market. Thus, we can see the importance of self-education among youngsters and adult people. Secondly, in the article there

is provided one of the most successful ways to make pupils more interested in studies – case study method. As it was said in the paper, this method was tested in plenty schools and gave some very encouraging results in Russian and American schools. Overall, our reality is characterized like very fast-changing, so that is important to be able to adapt to the circumstances. So, there is a necessity to use all the new modern methods of studies to have an advantage in the labor market.

Key words: education; self-education; project activity; independent student's work; pedagogical technology; students; physiology of personality; professional development; project; research work of students; organization of project studies; capabilities of project activities; systemically-active approach; student-centered learning.

Проектная деятельность у школьников и студентов как инструмент формирования навыков для самообразования

В условиях информационного общества образование является одним из основных факторов достижения высокого социального статуса. Сложная и изменчивая реальность бросает новые вызовы человеческой личности. Усвоение накопленных обществом знаний, образов и ценностей культуры уже не удовлетворяют требованиям современности. Знание становится «скоропортящимся» продуктом. Профессии, актуальные менее десяти лет назад, становятся невостребованными. Глобализация порождает феномен «структурной безработицы», при которой безработными становятся люди, в чьих специализациях общество больше не нуждается. Общество расходует огромные деньги на повышение квалификации и профессиональную переподготовку, но насколько эффективно расходование этих средств?

Возникает острая необходимость в использовании стратегий и методов обучения, позволяющих человеку овладевать принципами систематизации знания; умением классифицировать и упорядочивать информацию даже при изменении принципов систематизации и в связи с этим с легкостью осваивать новые знания. В такой системе возможен профессиональный рост. В современных реалиях ведущим качеством человека на рынке труда стало его умение к переподготовке, к быстрому усвоению новой информации и к возможностям её использования.

Актуальный проект образования должен включать не только вопросы о содержании обучения, но и о формах его осуществления. Становление новой системы отечественного образования происходит путем перехода к новой образовательной парадигме. Она включает в себя не только традиционную модель, используемую повсеместно в общеобразовательных учреждениях, но и новые разработки, которые в большей мере соответствуют духу времени.

Главное отличие новой модели от предшествующей состоит в том, что в ней уделяется внимание необходимости получения образования в течение

всей жизни. Подобная концепция подробно изложена в государственной программе «Российское образование – 2020: модель образования для инновационной экономики». В технологически развитой стране необходимо учиться на протяжении всей жизни, чтобы сохранить конкурентоспособность на рынке труда и обеспечить себе достойный уровень существования. Проект «Российское образование – 2020» активно обсуждается педагогической общественностью. На данном этапе непрерывное образование воспринимается как идея надстройки дополнительного образования, хотя это устаревшее понятие всё больше отходит в прошлое. Концепция касается не только модернизации отечественной образовательной системы, но и создания стимулов для самообразования.

Прежде всего, среди средств самообразования называют современные источники информации: «Очевидно, что в системе непрерывного образования ключевым фактором результативности является самостоятельная работа учащихся, их самостоятельный доступ к учебным ресурсам и технологиям самообразования. Для этого на всех уровнях образовательной системы будет обеспечен доступ к образовательным ресурсам, прежде всего в форме общедоступных национальных библиотек, цифровых образовательных ресурсов на основе отечественных разработок и локализации лучших образовательных ресурсов со всего мира»¹. Электронные ресурсы начинают рассматриваться как средство получения учебной информации наряду с печатными источниками. Доступ к электронным библиотекам мира открыт для всех пользователей интернета, в них можно найти практически любую интересующую информацию.

Самообразование становится необходимой составляющей непрерывного образования личности, условием ее карьерного роста и, в конечном счете, условием прогрессивного развития общества. Много внимания в педагогической литературе уделяется характеристике слабых и сильных сторон самообразования. Среди слабых сторон обычно называют отсутствие системности и недостаточную организованность, возникающие из-за того, что учебный процесс не регламентирован и не контролируется третьими лицами. Однако недостатки компенсируются достоинствами, среди которых называют «экономную трату сил» за счет избирательности познавательного интереса, а также решение проблем индивидуальной мотивации, сознательности учения². При самообучении человек разрабатывает для себя план обучения, который соответствует его возможностям на данный момент, его интересам и уровню его мотивации. Результатом выполнения плана становится умственный и социальный прогресс. Несмотря на то, что процесс самообразования сопряжен с некоторыми рисками, такими как трата времени и сил, он определяет прогрессивное движение социума, если совершается большим количе-

¹ Волков А. Е., Кузьминов Я. И., Реморенко И. М., Рудник Б. И., Фруммин И. Д., Якобсон Л. И. Российское образование – 2020: модель образования для инновационной экономики // Вопросы образования. 2008. № 1.

² Бухарцева Н.Г. Самообразование как актуальный вид деятельности // Педагогическое образование в России - №3 – 2013. С. 81-83.

ством людей и совершается рационально³. Из этого следует, что социальное развитие в современном обществе возможно только в ходе самообразования каждого человека в отдельности.

Непрерывное образование составляет ядро карьеры, хотя еще в середине XX века карьера основывалась на накоплении опыта выполнения работы в рамках регулярной деятельности. Если XX веке самообразование рассматривалось как способ реализации личностного интереса в сфере знания для практического использования или удовлетворения познавательного интереса (своего рода хобби), то реалии XXI века превращают его в необходимый для общества вид образовательной деятельности, условие приобретения «когнитивной мобильности» как основы профессиональной самореализации. Все это настоятельно требует анализа самообразования как особого вида социальной деятельности, вытекающей из потребностей современной жизни. Результатом этого процесса является индивидуализация образовательных траекторий: уже не государство и педагог формируют набор образовательных услуг, а человек лично и для себя самого.

Актуальность данной теории подтверждается в действительности большим количеством центров дополнительного образования для заинтересованных в этом людей любых возрастов. Эксперты выделяют ряд последствий данной тенденции, в частности:

- 1) Резко увеличивается доля выбора секторов знаний, что приводит к формированию открытого рынка отдельных образовательных программ, где появляются широкие возможности повышения квалификации и дополнительного изучения интересующих дисциплин.
- 2) Возникает необходимость в прозрачной и понятной системе оценки результатов образования, при которой будут учитываться все аспекты знания. На данный момент такие системы можно встретить в сфере изучения английского языка, например, такие экзамены, как IELTS или TOEFL.
- 3) Регулирование рынка претерпевает изменения: государство не может контролировать качество образования. Фокус смещается в сторону полноты и достоверности информации, предоставляемой игроками рынка.⁴ То есть в современном образовании на первый план выходит не столько эрудиция человека, сколько возможность широкого применения его знаний на практике.

Причинами многочисленных претензий к современной системе образования со стороны родителей, работодателей, государства и обучающихся является неверная направленность устаревшей дидактической системы, в которой оценивается по большей степени умение ученика заучивать информацию и находить решение проблемы по заданному пути, а не возможность использо-

³ Ott I. Weisenfeld U. Self-selection, socialization, and risk perception of technologies: An empirical study // Kiel Working Papers, Kiel Institute for World Economics. September 2009. P. 39

⁴ Волков А. Е., Кузьминов Я. И., Реморенко И. М., Рудник Б. И., Фрумин И. Д., Якобсон Л. И. Российское образование – 2020: модель образования для инновационной экономики // Вопросы образования. 2008. № 1.

вания полученных знаний в профессиональной деятельности. Под функцией преподавания подразумевается управление учебной деятельностью обучающегося. Согласно Т. Е. Кирикович, подобная модель обучения была разработана еще в XVII веке, и «требует нового методологического осмысления и принципиального реформирования»⁵.

В качестве решения автором предлагается модель самообучения, в которой нет процесса преподавания в традиционном смысле. Преподавателем и учеником выступает сам обучающийся. Педагог выполняет функцию сопровождения на начальных стадиях обучения, а в дальнейшем учащийся занимается самостоятельно. Т. Е. Кирикович выделяет 4 преимущества актуализации самообучения:

- 1) Инициализируется познавательная активность ученика, он выбирает для себя преимущественно интересующие его области.
- 2) Самостоятельно преодолеваются точки выбора, в результате которых происходит качественные изменения в ценностях, психологических возможностях, опыта, личностных качеств. Если при традиционной модели обучения у ученика складывается впечатление об образовании как о принудительном занятии, то в новой парадигме мышления он сам выбирает объем и направление получаемого знания, т.е. относится к образованию не с отторжением, а с интересом. Более того, происходит понимание важности обучения как такового, посредством возможности практического применения полученных знаний.
- 3) Проявляется активность в определении собственного вектора развития. Так, у ребенка в более раннем возрасте появляется понимание того, какая область наук его интересует больше и в результате практически не возникает трудностей с определением будущей профессии и рода занятий.
- 4) Личность переходит в новое качество. Учащийся становится более самостоятельным и ответственным, так как сам отвечает за процесс своего образования.⁶

О важности самообразования в мотивации к обучению подтверждает исследование А.Е. Авдюковой. Согласно приведенным данным, самообразование является одним из основных видов деятельности в учебном процессе, так как неразрывно связано с учебной деятельностью. В рамках исследования было опрошено 86 респондентов от 19 до 21 года, получающих высшее образование. Результаты показали, что студенты имеют низкую мотивацию к самообразованию.⁷ Для современной молодежи образование ассоциируется со

⁵ Кирикович Т.Е. Аксиологически направленная, нелинейная личностная дидактическая модель самообучения как средство реализации идеи непрерывного образования. // *Фундаментальные исследования* № 3-3, 2014, с. 600 – 603.

⁶ Кирикович Т.Е. Методологические основы самообучения школьников // *Наука и школа*. - №5, 2013, с. 52-55

⁷ Авдюкова А.Е. Особенности мотивации к самообразованию у студентов специальности «Реклама» и «Связи с общественностью» в процессе учебной деятельности в ВУЗе // *Педагогическое образование в России* - №2 – 2012 – с. 45-47

скучным и тяжелым трудом, при котором не берутся в расчет интересы учащегося. Это свидетельствует о необходимости реформирования образовательной системы таким образом, чтобы у учащихся возникла мотивация, понимание необходимости самообразования, заинтересованности в нем: не только как в важном для дальнейшей жизни, но и как в увлекательном и интересном времяпрепровождении.

И. А. Ларионова, доктор педагогических наук и профессор, рассматривая подходы к индивидуализации личности, выделяет самообразование как её ключевой элемент. Наравне с самообразованием автор говорит также и о творческой деятельности как о принципиальном для развития индивидуальности занятии. Человек осознает себя полноценной личностью исключительно в случае проявления активной деятельности. В рамках чего появляются такие качества, как рефлексия, умение отвечать за себя и результаты своей работы, осуществление самопланирования⁸.

Итак, ведущие специалисты в области педагогики и психологии утверждают о неоспоримой важности самообразования. Они рассматривают его как один из главных элементов всей образовательной системы. Одним из видов организации процесса самообразования и одним из эффективнейших механизмов его модернизации является проектная деятельность.

Понятие «проект» (с лат. *projectus* – «брошенный вперед») означает создание прототипа, прообраза предполагаемого объекта, достижение определенного состояния, плана, замысла⁹. В педагогике проектная деятельность набирает популярность и приобретает новое содержание в связи с интеграцией этой области в образовательный процесс. На сегодняшний момент не только зарубежные, но и отечественные прогрессивные образовательные центры используют данный метод, получая высокие результаты при работе со школьниками и студентами.

Проектная деятельность учащихся определяется как совместная учебно-познавательная, творческая или игровая деятельность. Она имеет общую цель, согласованные методы и способы деятельности, направленные на достижение общего результата.

Возможностью для развития данной системы обучения и существенным её преимуществом перед традиционной является появление, благодаря ей, так называемых, кросс-функциональных специалистов и гибридизация профессиональных компетенций¹⁰. Данное явление обусловлено существующими реалиями, где соседствуют множество смежных профессий, в которых, в большинстве случаев, может разбираться один специалист, а также существованием таких профессий, в которых необходимы знания и опыт нескольких смежных специальностей.

⁸ Ларионова И.А. Самообразование и самовоспитание как средство формирования субъектности специалиста // Педагогическое образование, № 2, 2013, с. 14-17.

⁹ Савенков А.И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению: Учебное пособие. М. «Ось-89» - 2006 – с.231

¹⁰ Lorino P. The Instrumental Genesis of Collective Activity. The Case of an ERP Implementation in a Large Electricity Producer // ESSEC Working Papers. May 2007 – p. 19

Изобретение проектного метода в обучении приписывают ученому американского происхождения Джону Дьюи. В начале XX века Дьюи разрабатывает образовательную теорию «инструментальной педагогики» или «инструментализма»¹¹. Данная теория обрела популярность в Америке и за её пределами, будучи подробно представлена в трудах всемирно известных педагогов, таких как У. Х. Килпатрик, Э. Коллинз, Э.Л. Торндайк. Вышеуказанные работы посвящались ориентированию учащихся на интересующую их деятельность: активную, познавательную, увлекающую совместную работу при решении одной задачи. В то же время начали проводиться эксперименты по введению данного метода в программу обучения американских школьников, которые показали впечатляющие результаты, вследствие чего эта система обучения стала стремительно развиваться.

Исторически метод проектов появился во время активного пересмотра американской системы образования. Уже в 1919 году американское школьное ведомство официально ввело проектный метод в практику школьного обучения. В 20-е годы XX века ученые выделяли в американских школах всего два типа проектов:

- 1) Проекты в сельских школах, основанные на реальных проблемах поселения;
- 2) Проекты в городах, основанные на учебных предметах и интересах учащихся.

В Европе же проектная деятельность в учебных заведениях появилась к концу 1920-х годов. Однако критика проектного метода (в том числе со стороны его создателя) способствовала снижению его популярности с 1930-х годов. На данный момент в Европе и США активно развивается проектная деятельность в учебных заведениях альтернативного и дополнительного образования.

В частности, в США с 1984 года функционирует организация Coalition of Essential Schools, которая открывает школы альтернативного образования по всей стране. Миссия организации: создать максимально комфортные психологические и педагогические условия для инициативных учащихся. В основе всех занятий лежит практика: учащиеся решают настоящие задачи, а не смоделированные ситуации. Проект в данной сети школ является единицей учебной деятельности. Учитель выступает в роли наставника, а не теоретика: он готовит детей к жизни в рамках профиля своего предмета.

Однако метод в современности представляет собой видоизмененную версию: от изначального метода остался учет интересов учащихся при распределении обязанностей внутри проектной группы, а также наставническая роль преподавателя. Нововведениями являются увеличение числа видов проектов, преобладание теоретической составляющей над практической.

Примерно в то же время началась апробация метода проектов в системе отечественного образования. Впервые российские педагоги узнали о нем в

¹¹ Dewey, J. Psychology and Pedagogics of Thinking [Text] / Edited by N.D. Vinogradova; Tr. from English by M. Nikolskaya – Moscow: Labyrinth, 1997 - p.202.

1905 году, когда была создана группа педагогов под руководством С.Т. Шацкого, работавшая над внедрением метода в российскую образовательную систему. Однако распространение он получил лишь в послереволюционное время. В 1920-х годах советские педагоги заимствовали исследовательский метод, проектная деятельность использовалась для комплексного изучения всевозможных явлений (природа, общество, труд), нашла свое применение в прикладных науках. В 1930-е годы постановлением ЦК ВКП(б) метод проектов был признан вредоносным и ошибочным. И хотя в середине XX века к нему возникал интерес, полноценное его распространение приходится на недавнее время.

Некоторые ученые в сфере педагогики и воспитательной деятельности являются активными сторонниками метода проектов. В.Н. Шульгин, М.В. Крупина и Б.В. Игнатъев провозглашали его единственно верным методом обучения в школе. Они считали, что школа из места трансляции сугубо теоретических познаний должна превратиться в «школу жизни», откуда ребенок может смело вступить во взрослую жизнь подготовленным к предстоящим трудностям. Среди известных нам рекомендованных проектов для школьников: «Поможем ликвидировать неграмотность», «Поможем нашему заводу-шефу выполнить промфинплан», «Научимся разводить кур» и т.д.

В.Н. Шульгин считал, что проектная деятельность являет собой синергию теоретических знаний и эрудиции с практикой и творческим мышлением. Он считал метод проектов одной из форм организации учебно-воспитательной работы и инструментом, способный эффективно решить якобы все проблемы воспитания. Однако, разработанный под руководством В.Н. Шульгина вариант метода проектов не только не был полезен в прикладной деятельности учащихся, но и дестабилизировал учебно-воспитательный процесс в школе 1920-х годов. Данное фиаско произошло из-за того, что автор полностью изменил первоначальную идею проекта, соединяющего в себе направленность на индивидуальные интересы учащихся, коррелирующие с социальной значимостью полученного результата. Рассматривая знания, умения и навыки как побочные средства общественной работы, В.Н. Шульгин ошибочно «ухватился» за единственный критерий успешности учебно-воспитательной деятельности – результат общественной работы¹². Необходимо отметить, что это было не единственным провалом автора в работе с проектной системой – методическая сторона метода проектов была плохо разработана, поэтому Наркомпрос рекомендовал следующие условия его внедрения в практику массовой школы: «Необходимо начать проработку отдельного метода для разных групп, обдумывая проекты с точки зрения того, насколько они сильны и интересны для ребят, с точки зрения развития навыков коллективного труда... Надо помнить, что жизнь на основе коллективной работы учителя может перестроить работу школы по методу проектов».¹³

¹² Несговорова Н.П., Недюрмагомедов Г.Г. Технология проектов в профессиональной деятельности педагога. М., Издательство КурганГУ, 2013, – с. 23

¹³ Там же., с. 25

Несмотря на большую популярность опыта американских коллег в организации школьной жизни, отечественные педагоги относились к методу проектов критически. Их интересовала более практическая сторона данной проблемы, а именно: до какой степени можно внедрять этот метод в отечественные школы? А.П. Пинкевич говорил о возможном негативном влиянии на идеологический настрой молодого поколения, на развитие их индивидуальных черт характера вследствие использования проектной методики (он предлагал адаптировать метод проектов к советской действительности с учетом идеологии). Ученые подчеркивали, что общая направленность отечественного варианта обучения на основе метода проектов должна предполагать следующее (И.Б. Игнатова):

- воспитание коллективизма, что находило отражение в разработке по преимуществу коллективных проектов;
- развитие товарищеской взаимопомощи при сплоченной работе в коллективе;
- связь тем для проектов с программой Государственного ученого совета;
- отказ от узконаправленных проектов в пользу более обширных, общественных;
- рассмотрение в качестве проектов лишь тех из них, которые были направлены на изменение среды или разрешение той или иной теоретической проблемы;
- исследовательский подход.

Исходя из вышесказанного, советские ученые начала XX века отмечали в своих работах воспитательную и развивающую стороны использования проектного метода, в частности, развитие таких личностных качеств, как активность, самостоятельность, творчество, коллективизм.

Использование метода проектов в отечественных школах обобщил Е.Г. Кагаров в работе «Метод проектов в трудовой школе». Он также выделил отличия его внедрения в практику работы отечественной школы от работы школ США и Европы:

- 1) Опора на интересы учащихся («Основной принцип проектного метода гласит, что исходным пунктом обучения должны служить детские интересы сегодняшнего дня»);
- 2) Проекты, которые выполнялись школьниками, являлись копией взрослой жизни, то есть должны были затрагивать насущные практические проблемы, с которыми учащийся мог столкнуться во взрослой жизни;
- 3) Ведущая роль должна принадлежать творческой стороне и самодеятельности, то есть преподаватель, следящий за проектом должен как можно меньше вмешиваться в ход решения поставленных задач, а также воздерживаться от помощи учащимся.

В 1920-е годы проектная деятельность нашла свое применение не только в школе, но и во внеучебной деятельности. На протяжении почти десяти лет

(20-е – начало 30-х гг. XX в.) он использовался как средство обучения и воспитания подрастающего поколения в условиях развития нового строя страны.

Конечно, метод проектов был не единственным методом обучения. Наряду с ним в школах использовали лабораторно-исследовательский метод, студийную систему, трудовой метод, звеньевую работу, лабораторно-бригадный метод. Все они содержат отдельные идеи метода проектов в различных комбинациях. Их внедрение было обусловлено новым подходом к функции школы: «готовить самостоятельную, образованную личность, способную искать и находить новое, проявлять инициативу». Это было одной из причин появления нового типа школы – «школы труда» («трудовой школы»), в основу которой был положен «трудовой метод» (получивший признание в США и Западной Европе на рубеже XIX-XX вв.).

«Единая трудовая школа» опиралась на следующие принципы:

- выявление индивидуальных способностей воспитанников и учащихся;
- развитие их психофизической организации;
- введение их в трудовой процесс.

По таким же принципам построено обучение с использованием и метода проектов, что позволяет считать, что трудовой метод является трансформационной формой метода проектов. Схожие черты с методом проектов имел и исследовательский метод (термин «исследовательский метод» впервые предложил методист Б.Е. Райков) – это метод учебного исследования, с помощью которого учащиеся не делали научных открытий, они в школьной лаборатории (и на природе) повторяли эксперименты, которые уже были открыты учеными ранее. В практике применения этого метода (как и метода проектов) имела место переоценка исследовательских способностей ребенка и недооценка роли учителя в педагогическом процессе.

Еще одной вариацией метода проектов в России была студийная система. Изучаемое содержание подразделялись на циклы, каждый из которых изучался в особой студии, определенной группой учащихся. Работа учениками проводилась самостоятельно, но принципы разделения труда и достижения цели были одинаковы. Работа проходила не в классах, а в кабинетах-лабораториях без часового расписания и осуществлялась по планам и программам в присутствии руководителя.

В некоторых школах при одновременном сохранении классно-урочной системы применялся звеньевой метод обучения, при котором класс делился на звенья с 5-6 учениками, которые самостоятельно выполняли работу под руководством старших по звену (звеньевых), которые отчитывались о результатах деятельности. Однако вскоре основная масса учеников перестала участвовать.

Звеньевой метод обучения имел существенные недостатки:

- его использовали там, где требовалась индивидуальная работа с учениками или фронтальная работа со всем классом;
- неравномерно распределялся труд среди учащихся;
- звено лучше усваивало только свой участок работы;

- если звеньевой был властным и неуравновешенным человеком, то могла проявиться борьба между звеньями, которая носила негативный характер.

Аналогичные методы рекомендовались и в программах ФЗС (фабрично-заводская семилетка). В объяснительной записке отмечалось: «как метод, органически связывающий теорию с практикой, он вполне отвечает путям воспитания, которые мы организуем. Каждый проект в нашем понимании может и должен стать одним из звеньев социалистического воспитания».

Использование «комплексных проектных программ» в школе ввело в практику и новый метод обучения – «комплексный метод», сущность которого состояла не в изучении изолированных предметов, а так называемых «центральных» тем. Недочетами «комплексных программ» являлось расширение содержания тем, стремление объять необъятное, дать ученикам как можно больше знаний, не считаясь с возможностями учащихся данного возраста. Комплексные программы были направлены на решение следующих задач:

- дать учащимся понимание связи основных жизненных явлений, поставив труд в центр этих явлений;
- развить в детях понимание соотношения природы, труда и общества в современных тому времени условиях жизни;
- применить это понимание к строительству новой жизни.

Наркомпрос предполагал, что комплексный метод совершит в школе переворот: произойдет взрыв энтузиазма у учителей. Однако это не оправдалось. С.Т. Шацкий выделил следующие негативные стороны комплексного метода:

- неподготовленность учителей;
- очень большая нагрузка;
- отсутствие помощи учителю в виде пособий и методических рекомендаций;
- бедность школы, недостаток учебников и материального оснащения.

Структура комплексного метода включала следующие этапы:

- 1) выдвижение идеи;
- 2) обсуждение методов работы;
- 3) составление плана;
- 4) консультации учителя.

Подобные этапы характерны и для проектирования в современном его понимании. Считается, что комплексный метод – один из отечественных вариантов метода проектов. Внимание к методу проектов было обусловлено следующими причинами:

- направленностью на непосредственное включение учащихся «в жизнь». Данный тезис перекликается с идеями о воспитании познавательной активности и самостоятельности учащихся;
- педагогической ценностью метода проектов, способствующей воспитанию у учащихся инициативы, самостоятельности, коллективизма, умения планировать работу и настойчивость в достижении цели.

И.Ф. Свадковский писал: «педагогическое обоснование метода проектов, учет сил и интересов ученика, максимальная инициатива и самостоятельность его, индивидуализация приемов в работе и темпа работы, организация всей учебы на сознательном к ней отношении со стороны ученика повышают ценность метода проектов».¹⁴ Иными словами, метод проектов – это целая система педагогического процесса, включающая в себя не только новые пути образовательно-воспитательной работы, но и комплексное построение содержания педагогической работы, особые формы организации деятельности школьников.

Дж. Дьюи полагал, что только при изучении окружающего мира у ребёнка проявится желание к дальнейшему познанию, поэтому обучение должно происходить с помощью опытного познания. Выделим и кратко охарактеризуем основные положения его педагогической теории:

1. Опыт превышает систематизированных знаний. Опыт тесно связан с выполнением действий, а не с изучением объектов. Его появление способствует умственной активности, обращенной на поиск результативного решения поставленных проблем. Все предшествующие общеобразовательные системы были рассчитаны на передачу учащимся огромного количества общей информации без применения их на практике. Образно говоря, учащихся обучают опытом прошлого, но не готовят к проблемам в будущем¹⁵.
2. Ценным является то, что приносит практический результат. В школах, созданных на основе инструментальной педагогики, не существовало определенной программы с системой изучаемых предметов, а подбирались только те знания, какие могли бы найти практическое применение в жизни. Наиболее важными научными дисциплинами Дьюи считал историю и географию, поскольку они тесно связаны с природой и социальной жизнью общества.¹⁶
3. Интересы ребёнка – основа учебно-воспитательного процесса. Заинтересовать ребенка, увлечь его в процесс образования – только таким образом возможна наиболее плодотворная работа, которая затрагивает все пласты личности учащегося. В таком случае у учащегося возникает в сознании положительное закрепление по отношению к самому процессу обучения, что благоприятно сказывается на его дальнейшей возможности продолжать обучение и заниматься самообразованием.
4. Ориентация ученика преподавателем направлена на будущую профессиональную педагогическую деятельность в обществе. Суть практической работы заключается не столько в накоплении абстрактных практических знаний, которые можно использовать в дальнейшем, сколько

¹⁴ Несговорова Н.П., Недюрмагомедов Г.Г. Технология проектов в профессиональной деятельности педагога. М., Издательство КурганГУ, 2013, – с. 24

¹⁵ Covi S. Principle-Centered Leadership. – NY. RosettaBooks, 2003. – p.153.

¹⁶ Dewey, J. Psychology and Pedagogics of Thinking [Text] / Edited by N.D. Vinogradova; Tr. from English by M. Nikolskaya – Moscow: Labyrinth, 1997 - p.130.

в привязке проектов к тем или иным профессиям, которые в дальнейшем изберет ученик.

5. Непрерывность образования. По мнению ученого, обществу, для выживания и развития, необходимо находиться в непрерывном процессе образования вне зависимости от возраста¹⁷. Общество постоянно развивается, образование должно мгновенно реагировать на изменения, происходящие в мире. Если эта задача не будет выполнена, то образовательная система столкнется с проблемами, не будучи готовым к их решению.
6. Игровая деятельность. По мнению автора рассматриваемой теории, в любом возрасте важен игровой элемент, так как он помогает более активно использовать возможности нестандартного мышления, развивать творческий потенциал, а также способствует самовыражению и развитию фантазии. Игровая деятельность гораздо более многогранна, чем принято считать, – в игровой форме можно преподнести для ученика не только простую информацию, но очень сложные элементы знания.
7. Личное целеполагание педагога. От учителя зависит не только построение учебного процесса, но и степень вовлеченности в него учащихся. В процессе образовательной деятельности необходима интеграция учебной, трудовой и игровой деятельности. Учитель играет ведущую роль в процессе образования, так как в его обязанности входят: подготовка к процессу, в ходе которой необходимо объяснить ученику важность предполагаемых действий, заинтересовать его в выполнении заданий, контроль за процессом деятельности и, при необходимости, корректировка действий, а также разумное и сообразное оценивание результатов.

Метод проектов являет собой возможность не только развития познавательных и коммуникативных навыков обучающихся при работе в группе, но и умения самостоятельно конструировать свои знания и ориентироваться в информационном пространстве. Проектная деятельность гораздо практичнее теоретически преподнесенного материала. Это дает возможность ученику применить уже накопленные знания, рассчитывать на достижение результата, который получается при решении поставленной задачи. Даже если достигнутый результат не соответствует запланированному, другими словами, если его нельзя «продать», он все равно является важным практическим этапом в процессе обучения, так как в дальнейшем учащийся постарается избежать тех действий, которые привели к нежелательному результату.

Непременным условием проектной деятельности является наличие заранее выработанных представлений о конечном продукте деятельности, этапов проектирования и реализации проекта, включая его осмысление и рефлексию результатов деятельности.¹⁸

¹⁷ Ibid., p.155

¹⁸ Леонтович А. В. Об основных понятиях концепции развития исследовательской и проектной деятельности учащихся // Исследовательская работа школьников. 2003. № 4. С. 18–24.

Однако принципиальное отличие метода проектов от традиционного обучения является то, что в данном случае конечный продукт работы не имеет четкой регламентации: обучающимся предлагается практическая задача с открытым финалом, где результат никому заранее не известен. Побочными итогами проектных работ является умение студентов мыслить самостоятельно и оперативно находить решение проблемы в плодотворном сотрудничестве с коллективом.

С одной стороны, проектное ориентирование это независимая деятельность учащихся. С другой – это интегрирование знаний и умений из различных сфер науки, с применением творческих способностей.¹⁹ Участие в проектах знакомит студентов с оптимальной формой взаимодействия людей в современном обществе, где вследствие стремительно изменяющихся условий жизни ключевую роль играют навыки оперативного нахождения решения поставленной проблемы.²⁰ Проектное ориентирование развивает умение самостоятельно конструировать свои знания, дает возможность ориентироваться в информационном пространстве, свидетельствует о наличии как критического, так и творческого мышления, а также о навыках, сотрудничества.²¹ Еще одним преимуществом проектной работы является возможность не только проверки знаний и компетенции каждого ученика, но и контроль над выполнением задания на каждом этапе с последующей коррекцией при необходимости.²²

Отечественный практик и методолог педагогики Н.Ю. Пахомова определяет проектную работу с точки зрения учащегося как «возможность делать что-то интересное самостоятельно, в группе или самому, максимально используя свои возможности; это позволяет проявить себя, попробовать свои силы, приложить свои знания, принести пользу и показать публично достигнутый результат; это деятельность, направленная на решение интересной проблемы, сформулированной самими учащимися в виде цели и задачи, когда результат этой деятельности носит практический характер, имеет важное прикладное значение и, что весьма важно, интересен и значим для самих открывателей».²³ Автор раскрывает и другую сторону проектной деятельности – со стороны преподавателя: «это дидактическое средство, позволяющее обучать проектированию, целенаправленной деятельности по нахождению способа решения проблемы путем решения задач, вытекающих из этой проблемы при рассмотрении ее в определенной ситуации».²⁴

Роль преподавателя кажется второстепенной из-за большого пласта самостоятельной работы, но она важна роль для мотивации, контроля над процес-

¹⁹ Льюис, Д. Управление командой: пер. с англ. / С. Льюис. - СПб. : Питер, 2004, с. 153

²⁰ Тоффлер Э. Шок будущего. М.: Аст, 2008, с. 356

²¹ Тарасова И.П. Метод проектов в образовательном учреждении // Приложение к журналу «Профессиональное образование». № 12-110, 2004, с. 19.

²² Lorino P. Process Based Management and the Central Role of Dialogical Collective Activity in Organizational Learning. The Case of Work Safety in the Building Industry // ESSEC Working Papers. May 2007 – 19 p.

²³ Пахомова Н.Ю. Метод учебного проекта в образовательном учреждении. Аркти. – М., 2003, с. 20

²⁴ Там же.

сом и справедливой оценки результатов труда. Н. В. Матяш определяет проектную деятельность как интегративную; она синтезирует в себе элементы игровой, познавательной, ценностно-ориентационной, преобразовательной, учебной, коммуникативной и творческой деятельности; особо подчеркивается, что проектная деятельность школьников тесно связана с проблемой творчества и является творческой по своей сути.²⁵

Цель проектной деятельности состоит в создании условий, позволяющим ученикам:

- Самостоятельно и охотно приобретать недостающие знания из различных источников;
- Пробовать себя в различных сферах на основе самостоятельно выделенной цели разработки проекта;
- Пользоваться приобретенными знаниями для решения познавательных практических задач;
- Приобретать коммуникативные умения, работая в различных учебных группах;
- Развивать в себе исследовательские умения, системное мышление;
- Разрабатывать программу действий по реализации проекта в соответствии с собственными возможностями.²⁶

Е. С. Пелепейченко утверждает, что таким образом происходит раскрытие деятельностного потенциала. Роль преподавателя в реализации проектов остается следующей:

1. Разработать программы распределения учеников на группы, учитывая разные знания учеников для данной работы;
2. Подбирать необходимое программно-методическое и дидактическое сопровождение образовательного процесса, учитывая навыки учащихся;
3. Сформировать образовательную и информационно-коммуникативную сторону процесса в зависимости от преподаваемой дисциплины;
4. Спроектировать индивидуальную работу учащихся с соответствующей литературой, научить обращаться с дополнительными источниками информации, включающими ресурсы сети Интернет;
5. Провести диагностику готовности учеников к дальнейшему обучению;
6. Создать общие условия для развития активности участников как в учебной, так и во внеучебной среде.

Учитель – решающее звено в проводимой программе. Из носителя и передатчика знаний он переходит в качество организатора деятельности, помощ-

²⁵ Матяш Н. В. Психология проектной деятельности школьников в условиях технологического образования / Под ред. В. В. Рубцова. Мозырь: РИФ «Белый ветер», 2000. С. 127.

²⁶ Пелепейченко Е.С. Проектная деятельность в современной педагогике // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: гуманитарные и социальные науки. - №3 – 2009. С. 268-270.

ника и коллегу по решению проблемы, добыванию необходимых знаний и информации из различных, в том числе нетрадиционных, источников.²⁷

Смещение роли педагога в образовательном процессе сопряжено с многочисленными трудностями. На практике преподаватели не успевают перестроить свою деятельность, в результате чего проектная деятельность становится красивым дополнением к учебному плану, на деле не влияя ни на процесс обучения, ни на развитие учеников. В традиционной образовательной системе основная функция педагога – трансляция информации (преподавание). В проектной деятельности преподаватель становится консультантом и помощником для ребенка. Педагог становится партнером, а не ментором. У него нужно учиться подходу к исследованиям, к обучению и жизни в целом. Это означает, что педагог должен быть не только эрудированным, но и понимать, как необходимо работать с учеником. Он должен обладать умением передавать не только знания, но также умения и навыки. В проектной системе образования на преподавателей ложится большая ответственность – быть не только способными к планированию и организации совместной деятельности, но и обладать умением побуждать в детях к этому интерес.

При переходе к проектированию педагоги не всегда готовы менять свою роль от руководителя к партнеру, как утверждает И. С. Поздеева²⁸. Это утверждение она подкрепляет следующими фактами:

Во-первых, лексика, используемая в написании статей по данной проблематике, исключает позицию педагогов в проектировании. «Проблемными точками для них являются этапы проектирования, виды проектов, образовательные и учебные ресурсы проектной деятельности, оценки ее результатов, но никак не изменение позиции педагога».

Во-вторых, при формулировании тем педагоги не заботятся, насколько детям интересны задания. Для уменьшения негативных откликов тема дается максимально широко, «чтобы учащиеся думали, что придумывают сами». При этом большая часть ответственности передается на родителей участников, поскольку педагог не успевает оказывать содержательную поддержку при выполнении заданий во внеурочное время. Этим вынуждены заниматься родители, особенно если они обеспокоены тем, чтобы задание учителя было выполнено.

В-третьих, педагог де-факто является руководителем проекта: управляет, организует, наставляет, контролирует. Школьники получают точные инструкции к выполнению работ, поскольку учитель считает, что «в процессе выполнения у учащихся должна быть возможность опираться на алгоритмы проектной деятельности, отражающей основные этапы работы». Однако там, где существуют точные инструкции, заканчивается творчество. Четкое распределение заданий выгодно учителю, резко уменьшая усилия на оценку

²⁷ Dewey, J. *Psychology and Pedagogics of Thinking* [Text] / Edited by N.D. Vinogradova; Tr. from English by M. Nikolskaya – Moscow: Labyrinth, 1997 - p.202.

²⁸ Поздеева С.И., Кузнецова Т.В. Позиция педагога в организации проектной деятельности младших классов // Вестник ТГПУ - № 2 – 2010 – с. 65-69.

вклада каждого из участников. Творческая самостоятельность превращается в акт исполнительных работ. По И. С. Поздеевой «позиция жесткого руководителя в проектной деятельности объясняется недоверием педагогов к ее учебным и образовательным ресурсам». Проектное обучение не должно быть подменой содержательного и предметного обучения, оно должно быть построено на принципах дополнения к существующей системе.

Помимо проблем явного и скрытого руководства, автор выделяет «неоформленную» и «противоречивую» роль преподавателя. Это происходит, если он понимает необходимость изменения направлений деятельности, но не знает, каким образом это реально сделать. Этому способствует неясность позиции ученика: «педагоги понимают, что необходимо поставить ученика в центр учебного процесса, однако говорят, что метод проектов хорошо вписывается в учебный процесс, не затрагивая содержания обучения». Также преподаватель может рассматривать проект как возможность вовлечения в учебный процесс родителей, хотя проект нужно понимать как «организованную форму взаимодействия детей».²⁹

Переходя к основным принципам проектирования, стоит отметить позицию В.Ш. Масленниковой. Она считает, что важную роль играют «принцип диалогичности, который предполагает преобразование позиций педагога и воспитуемого в личностно-равноправные, в позиции сотрудничающих людей». Также учитывается принцип проблематизации педагогического взаимодействия, который предполагает изменение роли и функций педагога и обучаемого. В процессе проектной деятельности, педагог не воспитывает, не преподаёт. Он осуществляет педагогическое сопровождение, актуализирует исследовательскую деятельность самого студента, стимулирует его тенденцию к личностному росту, создает условия для совершения этических поступков, для самостоятельного обнаружения и постановки им ситуационных проблем и задач.³⁰ Проектный подход в образовании предполагает принципиально новую систему обучения, которая состоит в самостоятельной работе, и, следовательно, в самостоятельном получении знания: как практического, так и теоретического.

В связи с этим Н.Н. Боровская выделяет следующие виды образовательных проектов:

- Исследовательские;
- Информационные;
- Творческие;
- Практико-ориентированные;
- Приключенческо-игровые.³¹

²⁹ Поздеева С.И., Кузнецова Т.В. Позиция педагога в организации проектной деятельности младших классов // Вестник ТГПУ - № 2 – 2010 – с. 65-69.

³⁰ Масленникова В.Ш. Теория и практика развития интеграционных процессов в воспитании и обучении в учреждениях профессионального образования. // Монография. ИПП ПО РАО - Казань, 2012.

³¹ Боровская Н.Н., Шарыгина Н.В., Кирилова А.П. Учебные экологические проекты в современном образовании / Под ред. Н.Н. Боровской. – Архангельск, 2005, с. 17

Также можно подразделить проектную деятельность по количеству участников:

- Индивидуальный проект;
- Малая группа (до 5 человек);
- Группа (до 15 человек);
- Коллективный проект (класс / группа и более в рамках учебного заведения);
- Сетевой проект (учебное заведение в рамках партнерской сети, с использованием сети Интернет).

По длительности проекты бывают:

- Краткосрочными (например, школьный урок или академический час);
- Среднесрочными (в рамках изучения конкретной темы);
- Долгосрочными (в рамках изучения всех тем по дисциплине в течение четверти / триместра/ семестра и т.п.).

По дидактической цели:

- Ознакомление школьников и студентов с инструментарием, технологией и методом проектной деятельности;
- Поддержание мотивации к обучению у школьников и студентов;
- Предоставление возможности для реализации потенциала личности;
- Обогащение учебной программы за счет индивидуализации обучения и его дифференциации.

Практическая реализация проектной деятельности сопряжена с множеством сложностей. Можно долго рассуждать о проектировании, особенно об отношении места проектной деятельности в образовательной системе. Готовых решений в этом вопросе нет, однако существует методология, позволяющая существенно упростить задачи и снизить горизонт неопределенности.

Во-первых, это постановка ключевой проблемы. Она необходима и не может быть навязана извне, поскольку это напрямую отражается на вовлеченности подростков в работу. Проблемой является противоречие между желаемым и действительным, понятное всем участникам. Ключевая проблема – каркас, вокруг которой будет сосредоточена вся деятельность в рамках проекта. Соответственно, целью будет являться достижение противоречия между желаемым и действительным.

После выбора проблемы необходимо определить, какие ресурсы будут задействованы в работе. Необходимо придерживаться классификации ресурсов. Вполне подойдет классификация на материальные (деньги, материалы, инструменты, помещения, книги) и нематериальные (человеческие). Если с первым пунктом все может быть ясно, то второй подразумевает не только рабочие ресурсы, но и возможности использования сторонних лиц и организаций, способных помочь в реализации намеченных шагов.

До начала реализации проекта следует изучить ситуацию как можно детальнее: искать информацию в Интернете, печатных изданиях. Может воз-

никнуть необходимость проведения интервью или опросов у людей, сталкивающихся с проблемой, анализ статистических данных.

После исследования выбирается основной путь решения проблемы. Необходимо разбить решения по шагам, чтобы определить ответственность всех участников и иметь возможность фиксировать результат на каждом этапе. Особое внимание необходимо обратить на оценку действий каждого из участников по реализации проекта и их вклад в результативность.

Таким образом, основные этапы проектирования это:

- 1) Постановка проблемы и выявление цели;
- 2) Определение задействованных ресурсов;
- 3) Исследование проблемы и выбор основного пути решения;
- 4) Составление плана проекта;
- 5) Определение границ ответственности;
- 6) Оценка результативности.³²

Ученые Нью-йоркского института педагогики утверждают, что выбор методов и системы обучения полностью зависит от природы изучаемого предмета. Нет определенной модели проектирования – она индивидуальна не только для каждого предмета, но и для каждой возрастной группы учеников, а также зависит от таких факторов, как уровень их развития в данной области, и, что наиболее интересно, степень заинтересованности в предмете и личностные предпочтения учеников.³³

У каждого проекта есть свой жизненный цикл, который проходит следующие стадии:

- Постановка проблемы проекта;
- Разработка способа решения выявленной проблемы;
- Составление плана реализации решения;
- Реализация выбранного решения на практике;
- Завершение проекта.

Помимо эрудиции, которую развивает проектная деятельность, участники также приобретают некоторые конкретные умения и навыки, например:

- Поисковые (исследовательские) навыки. Например, быстрое нахождение необходимой информации за счет правильного формулирования запросов для поисковиков в сети Интернет, книгах и методических материалах;
- Рефлексивные навыки – умение выражать свои мысли как в устной, так и в письменной форме;
- Коммуникативные навыки – Владение грамотной устной речью в любой форме: монолог, диалог и дискуссия;

³² Беляков Е.М. Воскресенская Н.М. Иоффе А.Н. Проектная деятельность в образовании // Проблемы современного образования - №3, 2011, с. 62-67

³³ Duschl R. A., Wright E. A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science // Department of Curriculum and Teaching, Hunter College of the City University of New York, New York, New York 10021. September 1989

- Умение сотрудничать – работа в команде, участие в распределении заданий и обязанностей по проекту;
- Умение презентовать свой проект в целом;
- Умение разрешать конфликты как внутри группы.

Творческие коллективы и проектные команды добиваются больших достижений благодаря подбору людей с разными чертами характера и склонностями, с разной профессиональной подготовкой, готовностью отказаться от шаблонов. Основными условиями поддержки и развития творческого потенциала, формирования положительного синергетического эффекта в командах являются открытые коммуникативные каналы, перекрывающиеся сферы ответственности, децентрализация, «мягкий» контроль, свобода суждений, нарушение статус-кво, поощрение инноваций.³⁴

Однако, группа американских ученых во главе с Ф. Лорино и И. Гехрке провели исследование, выводы которого говорят об обратном. Было выявлено возникновение сложностей и недопонимания в проектных группах, которые сформированы учениками с разными способностями. Для слаженной работы команды необходимо, чтобы все её члены были на одном интеллектуальном уровне, владели языком на одинаковом уровне и были примерно одного возраста³⁵.

А.А. Есенжанова, психолог с большим стажем работы в школе выявляет существенные противоречия, препятствующие использованию проектной деятельности как средство формирования нового мышления. Такого типа противоречия складываются между:

- потребностью общества в социально активном выпускнике школы, ориентированном на принятие решений на основе продуктивного мышления и недостаточной обращенностью системы образования к такой потребности;
- педагогическим потенциалом реализации учебных проектов в и преобладающими вербальными методами организации учебной деятельности в современной школе, затрудняющими возможность развития продуктивного мышления;
- потребностью в научно-методическом обеспечении такого процесса и недостаточной разработанностью в педагогической науке теоретических и методических основ проектной деятельности.³⁶

То есть основной проблемой современной отечественной системы образования является недостаточная готовность её к преобразованиям и инновационным изменениям. Однако, утверждает автор, общество прекрасно осве-

³⁴ Севастьянова И.Г. Модель мотивации проектной деятельности // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. - № 1. том 71 – 2011. С. 99-103.

³⁵ Lorino F., Gehrke I. Coupling Performance Measurement and Collective Activity: The Semiotic Function of Management Systems. A Case Study // ESSEC Working Papers. – may 2007. 28 p.

³⁶ Есенжанова А.А. Проектная деятельность как средство развития продуктивного развития учащихся // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: психология. - №1. Том 6 – 2013. С 34-40.

домлено о необходимости данных перемен, что говорит о близости своевременных изменений в системе образования.

Проектную деятельность как источник формирования особых психологических процессов рассмотрела М.М. Главатских. Помимо увеличения форм взаимодействия учеников, направленных на усвоение материала, выполнение проектных задач несет в себе приобретения навыков социального познания, развитие смысловых образований личности, особенных навыков атрибуции.

Исследование М. М. Главатских разбивало школьников на две группы. Одни принимали участие в проектах, другие не участвовали. Участники проектов были также поделены на две когорты – первая когорта успешно завершила свои проекты, вторая не пришла к финишу. Результаты исследования показали, что среди участников развивались следующие навыки:

- 1) Самостоятельность, т.е. независимость от внешних влияний и оценивания, управление собственным поведением;
- 2) Ответственность, т.е. возможность несения ответа за свои действия перед командой, обществом и самим собой;
- 3) Активная жизненная позиция, т.е. собственное целеполагание в соответствии с общественными целями;
- 4) Оптимистический взгляд на мир.³⁷

Дети были опрошены на предмет оценки своего участия в проектах. Под благоприятной оценкой подразумевается объяснение успехов личными усилиями, а неудачи – ситуационным фактором. Неблагоприятная оценка означает опору на ситуационные факторы при личном успехе и объяснение недостаточными усилиями при неудаче. Проявления неблагоприятной атрибуции в большей степени были зафиксированы в группе учеников, не принимающих участие в проектной деятельности. Автор объясняет это тем, что активность напрямую связана с оптимистической жизненной позицией, отсутствие активности приводит к чувству эмоциональной подавленности. Ученики, принимающие участие в совместной деятельности, воспринимали неудачу как временную ситуацию, не переносили ее исход на другие области своей жизни.

Метод проектов до сих пор широко не используется в учебных заведениях России – большинство использует традиционную систему трансляции знаний. Несмотря на то, что современная система образования еще не готова к таким нововведениям, некоторые педагоги, наравне с родителями и учениками, проявляют инициативу по введению проектов в образовательный процесс. Современное российское образование видоизменяется как «изнутри», так и «снаружи» – как и описано в системе «Российское образование – 2020». Это свидетельствует о прогрессивном характере государственной системы планирования.

По мнению Ф. К. Зайнулиной, одним из наиболее эффективных методов реорганизации процессов образования является введение в учебную про-

³⁷ Главатских М.М. Особенности атрибутивных процессов подростков, участвующих в совместной проектной деятельности // Казанский педагогический журнал - №6 - 2014

грамму метода проектов. Проектная деятельность, столь необходимая современной педагогике, несмотря на ряд трудностей, должна быть включена в образовательный процесс наряду с предметным систематическим обучением. Традиционное образование воспитывает в ученике эрудицию и критическое мышление, проектная деятельность воспитывает личность: самостоятельную, творчески мыслящую, ответственную за свои решения. В синергии с теоретическим обучением, проекты позволят учащемуся оказаться в более выигрышном положении, быстрее приспособиться к жизни, получить навык адаптации к изменяющимся условиям и работать совместно в различных коллективах.

Внедрение метода проектов может повлиять на качество образования, его доступность для всех учащихся. Подобный механизм, ориентирован не только на внутренние социально-экономические потребности страны, но и на обеспечение конкурентоспособности России на мировом рынке труда.³⁸

Для современного человека вполне очевидно, что единственный способ соответствия актуальным тенденциям развития общества – непрерывный процесс образования, при котором необходимо постоянно совершенствовать свою квалификацию, осваивать новую информацию и овладевать современными техническими средствами. Важным элементом современных реалий является самообразование. С данным утверждением согласны многие педагоги и ученые, теоретики и практики образовательного процесса.

Для человека необходимо не останавливать свой процесс обучения после начала трудовой деятельности. В случае прерывания образования его знания быстро устареют. Несмотря на высокий уровень образования в прошлом, он окажется некомпетентным специалистом. Концепция непрерывного образования в настоящий момент активно развивается на уровне программы Министерства образования Российской Федерации, научного сообщества, практиков образовательного процесса. Данные тенденции в развитии современного отечественного образования дают веские основания для оптимистических предположений в отношении развития данной сферы. Широкие перспективы наравне с богатым предшествующим опытом в сфере образования дают возможность возлагать большие надежды на судьбу дальнейшего российского образования.

³⁸ Зайнуллина Ф.К. Проектная деятельность как составляющая модернизации российского образования // Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств. - №4-2 – 2014. 378 с.

Список литературы

13. Авдюкова А.Е. Особенности мотивации к самообразованию у студентов специальности «Реклама» и «Связи с общественностью» в процессе учебной деятельности в ВУЗе // Педагогическое образование в России - №2 – 2012 – 45-47 с.
14. Беляков Е.М. Воскресенская Н.М. Иоффе А.Н. Проектная деятельность в образовании // Проблемы современного образования - №3 - 2011.
15. Бухарцева Н.Г. Самообразование как актуальный вид деятельности // педагогическое образование в России - №3 – 2013. 81-83 с.
16. Волков А. Е., Кузьминов Я. И., Реморенко И. М., Рудник Б. И., Фруммин И. Д., Якобсон Л. И. Российское образование – 2020: модель образования для инновационной экономики // Вопросы образования. 2008. № 1.
17. Главатских М.М. Особенности атрибутивных процессов подростков, участвующих в совместной проектной деятельности // Казанский педагогический журнал - №6 – 2014.
18. Есенжанова А.А. Проектная деятельность как средство развития продуктивного развития учащихся // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: психология. - №1. Том 6 – 2013. 34-40 с.
19. Зайнуллина Ф.К. Проектная деятельность как составляющая модернизации российского образования // Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств. - №4-2 – 2014. 378 с.
20. Кирикович Т.Е. Аксиологически направленная, нелинейная личностная дидактическая модель самообучения как средство реализации идеи непрерывного образования. // Фундаментальные исследования № 3-3 – 2014 – 600 – 603 с.
21. Кирикович Т.Е. Методологические основы самообучения школьников // Наука и школа. – 2013. - №5 – 52-55 с.
22. Ларионова И.А. Самообразование и самовоспитание как средство формирования субъектности специалиста // Педагогическое образование - № 2 – 2013 г.
23. Леонтович А. В. Об основных понятиях концепции развития исследовательской и проектной деятельности учащихся // Исследовательская работа школьников. 2003. № 4. 18–24 с.
24. Льюис, Д. Управление командой: пер. с англ. / С. Льюис. – СПб.: Питер, 2004. – 160 с.
25. Масленникова В.Ш. Теория и практика развития интеграционных процессов в воспитании и обучении в учреждениях профессионального образования. // Монография. ИПП ПО РАО - Казань., 2012.
26. Матяш Н. В. Психология проектной деятельности школьников в условиях технологического образования / Под ред. В. В. Рубцова. Мозырь: РИФ «Белый ветер», 2000. 127 с.
27. Несговорова Н.П., Недюрмагомедов Г.Г. Технология проектов в профессиональной деятельности педагога. М. Из-во КурганГУ – 2013. – с. 20-78
28. Пахомова Н.Ю. Метод учебного проекта в образовательном учреждении. Аркти. – М., 2003.
29. Пелепейченко Е.С. Проектная деятельность в современной педагогике // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: гуманитарные и социальные науки. - №3 – 2009. 268-270 с.

30. Поздеева С.И., Кузнецова Т.В. *Позиция педагога в организации проектной деятельности младших классов // Вестник ТГПУ - № 2 – 2010 – 65-69 с.*
31. Савенков А.И. *Психологические основы исследовательского подхода к обучению: Учебное пособие. М. «Ось-89» - 2006 – 231 с.*
32. Севастьянова И.Г. *Модель мотивации проектной деятельности // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. - № 1. том 71 – 2011. 99-103 с.*
33. Тарасова И.П. *Метод проектов в образовательном учреждении // Приложение к журналу «Профессиональное образование». 2004. № 12. 110 с.19.*
34. Тоффлер Э. *Шок будущего. М.: Аст, 2008.*
35. Covi, C. *Leadership, based on principals. – NY. Alpina Business Books, 2008. – 302 p.*
36. Dewey, J. *Psychology and Pedagogics of Thinking [Text] / Edited by N.D. Vinogradova; Tr. from English by M. Nikolskaya – Moscow: Labyrinth, 1997 - p.203.*
37. Duschl R. A., Wright E. *A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science // Department of Curriculum and Teaching, Hunter College of the City University of New York, New York, New York 10021. September 1989.*
38. Lorino P. *The Instrumental Genesis of Collective Activity. The Case of an ERP Implementation in a Large Electricity Producer // ESSEC Working Papers. May 2007 – 19 p.*
39. Lorino F., Gehrke I. *Coupling Performance Measurement and Collective Activity: The Semiotic Function of Management Systems. A Case Study // ESSEC Working Papers. – may 2007. - 28 p.*
40. Lorino P. *Process Based Management and the Central Role of Dialogical Collective Activity in Organizational Learning. The Case of Work Safety in the Building Industry // ESSEC Working Papers. May 2007 – 19 p.*
41. Ott I. Weisenfeld U. *Self-selection, socialization, and risk perception of technologies: An empirical study // Kiel Working Papers, Kiel Institute for World Economics. September 2009. 39 p.*

Библиографическая ссылка: Новичков И.А., Романченко А.С., Набиева Н.Р. Проектная деятельность у школьников и студентов как инструмент формирования навыков для самообразования // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 273-296

Article reference: Novichkov I.A., Romanchenko A.S, Nabieva N.R. Pupils' and Students' Project Activity as a Way of Forming Skills for Self-Education // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 273-296

Можно ли сделать архитектуру инструментом образования?

Лютотский Н.В.

*творческий руководитель архитектурного бюро «АБ ЭЛИС»
lutom2012@gmail.com*

Аннотация: Предлагаем вниманию читателей журнала «НБИКС-Наука. Технологии» два проекта общеобразовательных школ, реализованных в Москве и проект семейного кампуса – начальной школы, совмещённой с детским садом для Инновационного центра Сколково. В проектах применены клеёные деревянные большепролётные конструкции арочной формы заводского изготовления, созданы оригинальные пространства. Архитектура участвует в развитии в учениках пространственного воображения, способствует их творческому и физическому росту, формирует позитивное, конструктивное настроение ребенка, развивает природное любопытство и желание осваивать мир.

Ключевые слова: Инновации, архитектура, образование, зеленые технологии, школы, интерьеры, клеёные деревянные конструкции.

Is It Possible to Make Architecture the Tool of Education?

Lutomski N.V.

*Creative Director of Architectural Bureau "AB ELIS"
lutom2012@gmail.com*

Abstract: We invite the readers of the journal «NBIX-Science. Technology» to consider two projects of secondary schools implemented in Moscow and a project of a family campus - an elementary school combined with a kindergarten for the Skolkovo Innovation Center. The projects use glued wooden large-span, factory built arch structures to create innovative spaces. Architecture participates in the development of spatial imagination in pupils and promotes their creative and physical development.

Keywords: Innovation, architecture, education, green technologies, schools, interiors, glued wooden structures.

Можно ли сделать архитектуру инструментом образования?

Архитектура – это искусство, которое, прежде всего, сочетает в себе выразительность, возможности строительной технологии и удовлетворение человеческих потребностей. Его целью является создание мест, где люди чувствуют себя более человечными, более живыми, более совершенными. Это, по словам Витрувия, искусство, которое сочетает в себе пользу-прочность-красоту.

Уже давно признано, что на архитектуру влияют многие силы, в том числе те, которые были сформулированы Витрувием в первом столетии до Р. Х. Но как часто мы действительно уделяем серьезное внимание потребностям пользователя, поведенческим, социальным и культурным детерминантам проекта, а также роли хорошего проекта, влияющего на поведение человека?

Каким образом Архитектура может стимулировать развитие детей? Существуют четыре основные области развития ребенка: физический, социальный, интеллектуальный и эстетический рост. Почему большинство зданий, в которых дети проводят время, ориентированы только на изменение физического роста? Как наша архитектура может реагировать на все эти направления развития и способствовать созданию более совершенных людей?

Попытаемся ответить на эти вопросы, взяв в качестве примера три проекта школ в Москве.

Что объединяет эти проекты, кроме одного авторского коллектива?

Практические цели, поставленные при проектировании первой школы в Северном Бутово, а именно создание привлекательной, комфортной и дружелюбной среды – среды, стимулирующей развитие всех органов чувств, формирующей позитивное, конструктивное настроение ребенка, развивающей природное любопытство и желание осваивать мир.

Кроме этого, архитекторы решили применить в проекте экологически чистые строительные материалы – из клеёных деревянных конструкций (КДК). Особенность этих конструкций – высокое качество заводского изготовления, использование натурального высоко-экологичного дерева, являющегося возобновляемым ресурсом. При прекрасных конструктивных свойствах эти конструкции отличаются и великолепными декоративными особенностями, сохраняя неповторимую и неповторяющуюся структуру дерева. Важной особенностью КДК является и их низкая себестоимость.

Все три проекта имеют общее и в функциональном наполнении школ, получивших развитые физкультурно-оздоровительные блоки с бассейнами. Физкультурно-оздоровительные комплексы могут работать во внеучебное время для жителей окружающей застройки. Возможная коммерциализация части функций школьного здания призвана помочь государственному финансированию школьного образования.

С точки зрения организации образовательного процесса построенные школы в Северном Бутово и Тропарёво-Никулино похожи. В Сколково примене-

на сотообразная планировка классов, призванная ещё больше раскрепостить психологию ребёнка.

Авторский коллектив начал работу над проектом школы в Северном Бутово именно с постановки задачи: школа должна понравиться детям, в ней необходимо создать особую атмосферу, в которой ребёнок будет чувствовать себя в центре доброго внимания, что должно помочь ему в обучении и развитии, образовательном и духовном росте. Было решено создать новое объёмно-планировочное решение школы с чётким функциональным зонированием.

КДК в проекте школы № 1945 в Северном Бутово – первый пример использования этих материалов в интерьерах общеобразовательного учреждения в Москве. Общая концепция школы, включающая переход от типового проекта к индивидуальному с чётким функциональным зонированием, развитым спортивным блоком с двумя залами и двумя бассейнами, разделением учебных блоков в соответствии с возрастом обучающихся, получила поддержку Комитета образования Москвы.

Основные конструктивные решения школы – монолитный железобетонный каркас. Перекрытия – монолитные. Клеёные конструкции применены только в перекрытии рекреации 3-го этажа и, частично, в устройстве световых фонарей учебных блоков. С противопожарной точки зрения рекреация с покрытием деревянными антипирированными конструкциями выделена в отдельный пожарный отсек с дополнительным эвакуационным выходом.



Иллюстрация 1. Перекрытия школьного физкультурно-оздоровительного блока, выполненные из КДК

Проектирование школы №1329 в Тропарёво-Никулино велось архитекторами в составе архитектурного бюро «АБ ЭЛИС». Здание построено в 2005 году.

У нас уже были данные о том, что детям очень нравятся необычные интересные и красивые пространства, перекрытые естественными материалами. В школе в Северном Бутово за 10 лет её существования к началу проектирования не было случаев вандализма. Также мы увидели, что внутренний дворик можно отлично использовать, например, при проведении праздников.

В планировке новой школы на крайне затеснённом участке было решено включить пространство внутреннего дворика в интерьер школы – получился школьный форум, ставший центром всей школы. Больше пролётные перекрытия из КДК со шпренгельными фермами позволили решить проблему нехватки территории под открытые спортивные сооружения – спортом дети могут заниматься в спортивном зале общей площадью 1100 м² с раздвижными трибунами на 300 мест. В спортзале предусмотрена возможность трансформации зала – он делится на 2 или 3 части. При этом обеспечивается возможность одновременных занятий учеников разных классов. Данное инновационное решение успешно используется в ходе эксплуатации школы – в её спортивном блоке проводятся соревнования школьников городского и федерального уровней.

Школьные бассейны находятся в спортивном блоке школы и также имеют покрытие из КДК. Деревянным покрытием также обеспечен актовый зал – школьный театр. Общая площадь помещений с покрытием по КДК составляет 4500 м². С противопожарной точки зрения они все находятся в разных пожарных отсеках и разделены в уровне кровли противопожарными рассечками.



Иллюстрация 2. Тренажерный зал школы с видом на бассейн, освещение – через «фонарь верхнего света» в крыше.

Важно отметить, что оба проекта школ являлись муниципальными, общеобразовательными учебными заведениями. По данным архитекторов, на поступление в эти школы сразу образовался конкурс!

Архитектурное бюро «АБ ЭЛИС» в 2012 году приняло участие и получило 1 премию в открытом международном конкурсе на разработку стадии «Проектная документация» Семейного кампуса Инновационного центра Сколково. Образовательная программа центра Сколково разрабатывалась на конкурсной основе международным российско-британским коллективом под руководством академика РАН А.Л. Семёнова.

Семейный кампус представляет собой многофункциональное здание, предназначенное для воспитания детей дошкольного и младшего школьного возраста, включающее в себя: группы раннего возраста на 50 мест (7 групп по 7-8 мест), детский сад на 150 мест (12 групп по 10-14 мест), начальную школу на 480 мест (24 класса по 20 мест), физкультурно-оздоровительный комплекс, центр науки и центр искусства с актовым залом на 500 мест. Обучение проходит в одну смену.

Предпочтения людей, воспринимающих архитектуру, часто связаны с упорядоченностью построения фасадов и связанных переменных, таких как единство, слаженность, четкость, разборчивость и совместимость. Это было учтено при разработке проекта семейного кампуса в Сколково.

Так, окна многофункционального здания располагаются близко к потолку, чтобы получить максимальное количество света и солнечного тепла. Зенитные фонари пропускают свет глубоко в помещение и создают равномерное дневное освещение. Остекление запроектировано в отношении «площадь остекления / площадь стены» 40% для южной, восточной и западной ориентации окон и 55%, если окна выходят на северную сторону. Используются оконные стекла с низким коэффициентом теплопотерь (низкоэмиссионные стекла). Проектированию окон уделено повышенное внимание, чтобы соответствовать различным погодным условиям.

Для пространств, ориентированных на пребывании маленьких детей, окна запроектированы разной высоты, в том числе, по размеру подоконника. Это создает более интимное пространство.

Применение звукопоглощающих панелей на потолках классов призвано снизить раздражающее воздействие шумов.

Зал запроектирован таким образом, что источник звука находится недалеко от наиболее удалённого слушателя. Шторы и подвижные звукоизоляционные экраны могут быть использованы для того, чтобы изменить звуковые характеристики помещения актового зала.

Пространства с различной высотой до потолка призваны создать разнообразные условия досуга детей. Детям нравится иметь возможность наблюдать за активностью других детей.

Для маленьких детей применён меньший масштаб пространства.

Для обеспечения максимальной гибкости учебного процесса предусмотрено пространство для совместной деятельности учащихся – универсальное

пространство. Учителя могут всегда провести в таком пространстве групповые занятия, так как это место всегда доступно.

Существует мнение, что чем меньше класс, тем лучше. Дети чувствуют себя в безопасности, они больше заняты и заинтересованы в занятиях.

Планировка классов исполнена по принципу сотовой ячейки – приём, который предлагает учителям варианты, как они могут организовать свои классы, чтобы способствовать развитию своих учеников в условиях различных учебных методик. Ещё одной положительной характеристикой сотовой ячейки является увеличение количества стен – «информационных площадок» – с 4 до 6.

При выборе цвета отделки помещений учтена их специфика.

Перемещение учеников в школе основано на ясной и логичной схеме, охватывающей все уровни доступности в здании. Визуально ясные ориентиры превращают бесцельные скитания в целенаправленную ходьбу, поощряя тем самым детей передвигаться по школе безопасно и самостоятельно.

В проекте школы применён принцип создания «узлов» активного времяпрепровождения, что призвано увеличить возможности для группового обучения и позитивного социального взаимодействия. Для тех же целей использовалось и озеленение территории с ориентиром на сезонность изменений в состоянии деревьев и кустарников, что оказывает положительное влияние на учебно-познавательный процесс. Различие текстур помогает процессу обучения, так как помогает избежать «сенсорной депривации». В благоустройстве территории применены такие элементы, как дорожки, клумбы, газоны, озеленение и другие ландшафтные элементы.

При проектировании Семейного кампуса в Сколково реализованы принципы:

- прозрачности – максимум открытых для наблюдения пространств: в каждом учебном, игровом, административном помещении предусмотрены стеклянные вставки в двери, части стен или стены из цветного или прозрачного стекла;
- открытости – как можно больше открытых зон (широкие коридоры, просторные рекреации, высокие потолки), пространств для социальной жизни; пространства с одним функциональным назначением плавно «перетекают» в территории с другими функциями, дети из одной возрастной группы на социальных пространствах могут встречаться и проводить время с детьми из других возрастных групп;
- трансформируемости – в большинстве помещений предусмотрены встроенные в стены мобильные перегородки, позволяющие делить помещение на зоны в разных ситуациях, адаптируя их под разные виды деятельности с разной наполняемостью детей и взрослых; мебель в таких случаях должна быть легко перемещаемая, штабелируемая или складная, а рядом с такими помещениями предусмотрены кладовые для складирования мебели и других элементов, преобразующих пространство;

- многофункциональности – мебель и оборудование (в том числе и стационарное) предполагают возможность использования одного и того же помещения для решения разных задач;
- привлекательности, комфортности и дружелюбности среды – среда, стимулирующая развитие всех органов чувств, формирующая позитивное, конструктивное настроение ребенка, развивающая природное любопытство и желание осваивать мир;
- экологичности и связи с окружающим миром – в рекреациях и коридорах, а так же в других помещениях предусмотрены окна во всю стену, стеклянные стены или другие возможности для ребенка наблюдать окружающий мир.
- безопасности – с возможностью прохода в здание по карте;
- ориентации на индивидуализацию – индивидуализация образовательного процесса, то есть его ориентация на индивидуальные особенности, ограничения и потребности каждого ребенка;
- адаптивности к индивидуальным образовательным потребностям и возможным физическим ограничениям, как детей разных возрастов, так и взрослых сотрудников, родителей и гостей – полностью «безбарьерная среда» для лиц с ограниченными возможностями здоровья (наличие пандусов на всех входах в Семейный кампус, отсутствие порожков и «выступов» в дверных проемах, лифты для перемещения с этажа на этаж).

Многофункциональное здание Семейного кампуса сложное в плане и отвечает концепции Генерального плана Инновационного центра «Сколково»: композиционно ориентировано на Технопарк двумя дугообразными элементами, созвучными с планировочной структурой генплана.

В объеме здание Семейного кампуса обеспечивает переход от крупного городского масштаба (Технопарк) к более мелкому – жилой застройке – за счет террас учебных блоков с понижением этажности. Архитектурный облик здания определяется Генеральным планом ИЦ «Сколково», окружающей застройкой, а также функциональным назначением комплекса.

Композиция здания линейная. По продольной оси располагаются спортивный зал с бассейном, актовый зал с библиотекой, агора, главный вход и столовая.

Общешкольные помещения конструктивно и архитектурно объединены общим покрытием со световыми фонарями по деревянным клееным фермам пролётом 24 метра. Покрытие и фонари в нём создают логичную и визуально ясную для детей и посетителей школьную среду. Расположение актового зала и спортивного комплекса в «сердце» школы – это также энергоэффективное и энергосберегающее решение. Северная ориентация фонарей верхнего света оптимальна для освещения библиотеки и спортивного зала.

Здание вытянутое, с размерами в плане 75x218 м, двух-трехэтажное с высотой всех этажей 4,2 м, и технического этажа 1,8 м в свету. Общая высота здания 19 м.

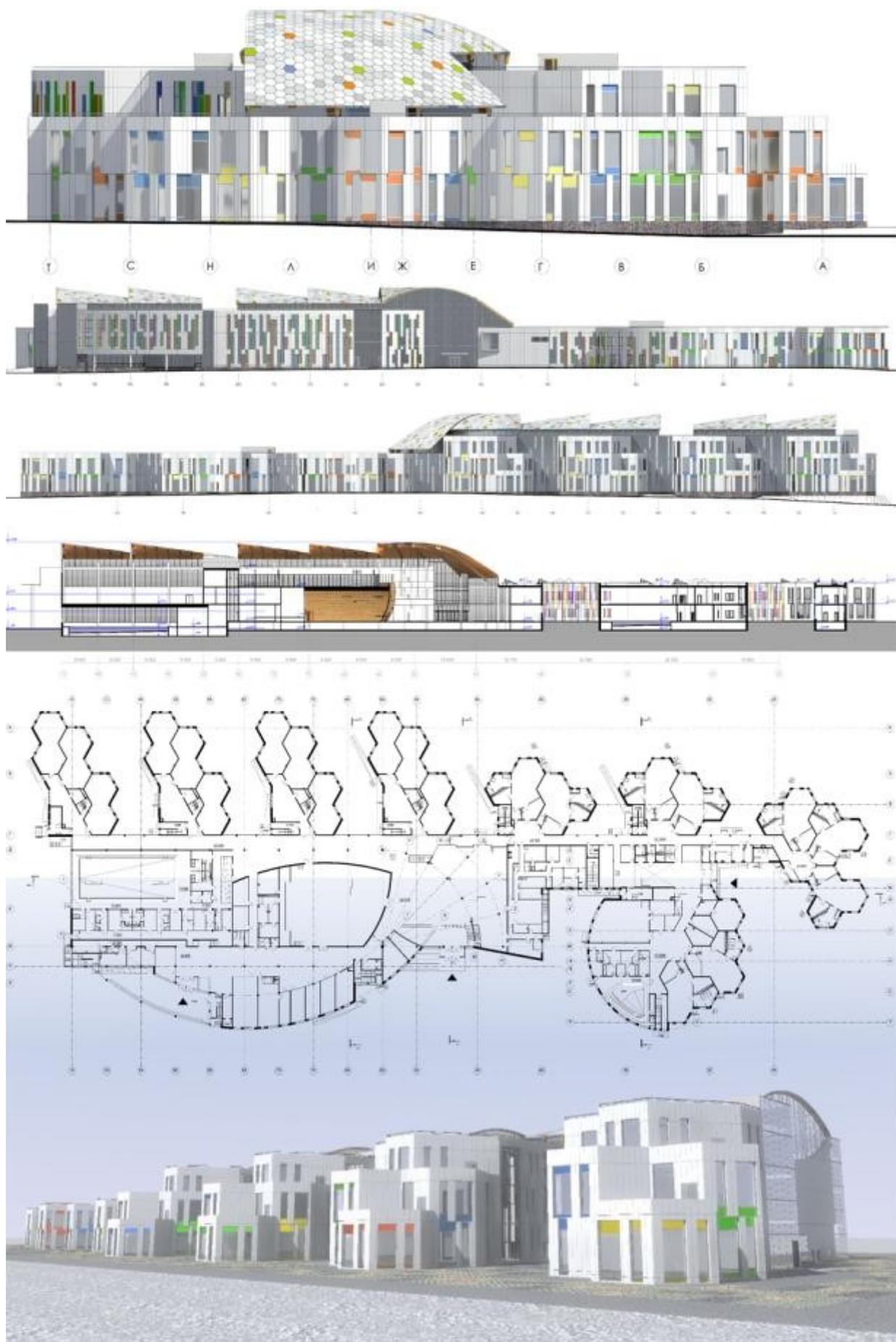


Иллюстрация 3. Семейный кампус Инновационного центра Сколково

Главный вход и школьная «Агора», являются распределителем ко всем функциональным блокам, включая спортивный, зрелищный, административный, рекреационный и блок общешкольной столовой Семейного кампуса. Пространство «Агоры» – трехсветное, высотой около 17 м, перекрыто деревянными клееными антисептированными и антипирированными балками. Освещается через витражи со стороны главного входа, и витражи, находящиеся под скатной кровлей.

В проекте обеспечена возможность доступа маломобильных групп населения (МГН) через главный вход, т.е. ко всем функциональным блокам, на все этажи по лифтам для МГН. Дети должны быть психологически готовы к общению с детьми с ограниченными возможностями. Современные нормы проектирования учитывают это гуманное требование. Все классные комнаты, расположенные в блоках, в которых проходит основной учебный день, имеют восточное расположение и юго-восточное освещение, что продиктовано нормами по инсоляции и естественному освещению.

Административный блок, с кабинетом директора, а так же медицинский блок начальной школы расположены на первом этаже и имеют западную ориентацию. Блок творческих мастерских расположен на втором этаже, предназначен для занятий музыкой, рисованием, лепкой и дополнен выставочной зоной. Естественно научный блок расположен на третьем этаже и включает в себя атриум для естественно-научных шоу, естественно-научные лаборатории, зал с экспонатами.

Прилегающая к кампусу территория, несмотря на небольшой размер, обустроена таким образом, что дети получают более 50 вариантов проведения досуга на открытом воздухе.



Иллюстрация 4. Благоустройство территории Семейного кампуса

Библиографическая ссылка: Лютомский Н.В. Можно ли сделать архитектуру инструментом образования? // НБИКС: Наука. Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 297-305

Article reference: Lutomski N. V. Is It Possible to Make Architecture a Tool of Education? // NBICS: Science. Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 297-305

Просветительство



Про популяризацию высоких технологий и не только

Гумаров В. А.

*редактор портала Нанотехнологического общества России,
aguma@rambler.ru*

Аннотация. Как представляется, на сегодняшний день в том конгломерате знаний, который сформировался под аббревиатурой «НБИКС», не совсем четко, а, точнее, весьма расплывчато обозначена социальная составляющая НБИКС-технологий. Более того, инициатива по части социальной направленности науки, составной частью которой являются НБИКС-технологии, и у нас в стране, и во всем остальном цивилизованном мире перехвачена всякого рода дельцами, делающими деньги на науке, вернее, на научных достижениях, палец о палец не ударив, чтобы сделать науку достоянием всех живущих на нашей планете.

Ключевые слова: наука, технологии, НБИКС-технология, нанотехнологии, нано, инновации, популяризация, инвесторы, бизнес-ангелы.

About popularization of high technologies and not only

Gumarov V.A.

*Editor of the site of Nanotechnological Society of Russia,
aguma@rambler.ru*

Abstract. It appears that to date, in that conglomerate of knowledge, which was formed under the acronym «NBICS» not quite clearly, or rather, a very vague set of social component of the NBICS-technologies. Moreover, the initiative on the part of social orientation of science, part of which are the NBICS-technologies, and in our country, and throughout the rest of the civilized world intercepted any kind of dealers making money on the science, or rather, on the scientific achievements, the finger does not lift, to make science available to all living on our planet.

Keywords: science, technology, NBICS-technology, nanotechnology, nano, innovation, popularization, investors, business-angels.

Про популяризацию высоких технологий и не только

Про надо

Как представляется, на сегодняшний день в том конгломерате знаний, который сформировался под аббревиатурой «НБИКС», не совсем четко, а, точнее, весьма расплывчато обозначена социальная составляющая НБИКС-технологий. Более того, инициатива по части социальной направленности науки, составной частью которой являются НБИКС-технологии, и у нас в стране, и во всем остальном цивилизованном мире перехвачена всякого рода дельцами, делающими деньги на науке, вернее, на научных достижениях, палец о палец не ударив, чтобы сделать науку достоянием всех живущих на нашей планете.

Ну, оно и раньше так было: мастеровой люд секреты своего мастерства за семью печатями хранил, чтобы, не дай бог, кто-то про них выведал и мастера без куска хлеба оставил, одарив всех новыми технологиями. Потом придумали патентную систему, которая, в общем-то, по здравому размышлению, тормоз инноваций, а никакой не ускоритель. Китай так вперед двинул свою экономику на перехвате производства чужих новинок, что никто особо и не пикнул: супротив прогресса не пойдешь, в эту струю можно только встать, передав, как есть, производство тем, кто может и делает. Что китайцы и демонстрируют, «сделав» всех, кто во время не понял, что на рынке не важно, кто придумал, главное – кто сделал и продал. Инновации сейчас внедряются по принципу «попробуй догони», а не по законам патентования.

Другая социальная сторона встраивания инноваций в экономику – мифы и пророчества. Сейчас, в формате «горе от ума» усиленно продвигаются (оно как бы и не мифы, но технология мифотворчества просматривается) пророчества о рисках для человечества вхождения в нашу жизнь достижений наиболее смысленных представителей нашего роду-племени. И не сказать, что здравый смысл тут напрочь отсутствует. Он есть. Посади обезьяну на бочку с порохом и дай ей спички... Но не факт, что обезьяна поймет, как спичку зажечь, она ее скорее на зуб попробует, и не обязательно, что она себе заженную спичку под зад сунет. Но риск есть. И все это дело проецируется на все человечество.

Риски появляются от незнания применения знаний. На том и играют игроки на большие деньги от науки: сначала делают «бомбу» за счет бюджета цивилизованных стран, отпущенных на науку, потом делают деньги на разруливании ситуации. Ну, это как сейчас с глобальным потеплением, к примеру. Или с падением уровня Каспийского моря, кто помнит. Под эту лавочку в Советском Союзе разворачивался проект поворота северных рек на юг державы. Слава богу, пронесло, копать начали, но деньги быстро закончились. А Каспий этой суеты и не заметил, сейчас с ним другая беда – наступление моря на прибрежные поселения. Науке про то понятно: Каспийское море – это

большое озеро в сейсмически нестабильном регионе. Дно опускается – море отступает, дно поднимается – вода наступает. Но поди объясни это повелителям мира сего – не поймут. Их не учили тому, что наши представления о мире, в котором мы живем, во-первых, не совершенны, во-вторых, изменчивы по мере накопления новых знаний, в-третьих, не все доступно нашему пониманию, построенному на жестких научных постулатах – принимается то, что научно доказано, то есть то, что можно повторить в эксперименте. Остальное от лукавого.

И тут на авансцену выходит религия. Если сверху и сбоку на всех нас посмотреть, то наука и религия – это два подхода к познанию таинств мира, в котором нам выпало счастье обретаться. Разница в постулатах.

Наука постулирует, что истинно лишь то, что мы ощущаем и понимаем. Новое знание должно быть подтверждено экспериментально. Если теория не подтверждена экспериментом, то это гипотеза – проблеск чьего-то ума, к реальной жизни отношение не умеющий, откуда на его основе не свершится какое-то материальное деяние (поставлен эксперимент).

Религия проповедует, что все от бога, человек слаб душой и немощен разумом, чтобы через свое знание постичь таинства мира. На то есть бог, чтобы открыть знание неразумным. Только эти знания должны приниматься на веру, ибо неверие делает их ересью – блужданием в потемках истины.

Вера в процессе познания мира во все времена, и наше не исключение, всю эксплуатируется всякого рода мздоимцами и проходимцами, которые извлекают материальную выгоду из духовных устремлений отдельного индивидуума к приобщению к знаниям. Но их нечестивые деяния – так, плесень на черствой горбушке знаний. Гораздо большую беду несет нам мракобесие, про что сам бог велел помянуть в теме данной статьи.

Оно как бы разгул мракобесия в нашем царстве-государстве еще не просматривается во всей его убойной силе времен Средневековья, когда чрезмерное знание каралось по всей строгости законов инквизиции, но все предпосылки к тому имеются. Одним из таких настораживающих факторов является скрытое нежелание открыто обсуждать эту тему в научных кругах: можно выносить на публичное обсуждение любые проблемы отечественной науки и общества, но на клерикализм наложено табу. С одной стороны понятна позиция подавляющего числа членов научного сообщества – лучше это осиное гнездо не ворошить, только неприятности наживешь. С другой стороны вспоминаются слова человека огромного личного мужества, чудом выжившего в нацистском концлагере, пастора Мартина Нимёллера: «Когда нацисты пришли за коммунистами, я молчал – я же не коммунист. Потом они пришли за социал-демократами, я молчал – я же не социал-демократ. Потом они пришли за профсоюзными деятелями, я молчал – я же не член профсоюза. Потом они пришли за евреями, я молчал – я же не еврей. А потом они пришли за мной, и уже не было никого, кто бы мог протестовать».

Бороться с мракобесием невероятно сложно, оно зиждется на людском невежестве, забирается в самые сокровенные уголки человеческого сознания,

опирается на многовековой опыт порабощения душ. Универсального безотказного оружия в битве с ним нет. Но есть отдельные проверенные временем инструменты, методы, приемы, способы противостояния мракобесию. Один из них – популяризация, проповедование научных знаний, о чем и пойдет речь в данной статье.

Про нано

На сей момент наша широкая общественность и узкое научное сообщество несколько охладели к одному из порождений высоких технологий – нанотехнологиям. Все и сразу у нас не получилось: нанопродукция покрылась пылью в отчетах о модернизации, нанороботы потеряли интерес для редакторов популярных изданий, наноэликсир бессмертия усоп в лабораториях, нанооружие застряло в воспаленных мозгах производителей смерти, мегаденьги под нанопроекты разошлись по рукам и фондам – и все вернулось на круги своя. Очередной оборот нашей экономики вокруг светлого будущего уперся в отсутствие интереса нашего бизнеса к высоким нано-, мега- и просто технологиям.

А между тем, когда поглубже вникнешь в нанотехнологии, приходит осознание, что это не досужая выдумка журналистов, не мелкая прихоть ученых, и даже не хитроумный инструмент пиления бюджета продвинутыми чиновниками, а новый этап развития цивилизации. Ведь нанотехнологии – это не просто размерность, а целый пласт явлений, которые проявляются именно на уровне этой размерности, мимо которых человечество пробежало в погоне за все более мелкими кирпичиками мироздания. И очень похоже, что в этих самых нанотехнологиях где-то спрятан ключ к хитромудростям природы, когда запускаются программы построения живого из неживого. Уже понятно, что на уровне нано проходит граница между живым и неживым, когда простое скопление атомов и молекул начинает работать по законам, отличающим живое от неживого. И проявляется это не только в биологических объектах, которые природа создала, а и в рукотворных продуктах нанотехнологий. Отсюда и технические аллегории – интеллектуальная краска, умная пыль, нанороботы всякие – то есть материальные объекты, «поведение» которых (функционирование во времени) существенно отличается от функционирования продуктов «традиционных» технологий.

Разумеется, рядовому обывателю по большому счету без разницы, нано или ненанотехнологии его жизнь лучше делают. И если через СМИ увязать улучшение его благосостояния, быта и здоровья с нанотехнологиями, то он обеими руками и всеми своими денежными средствами будет ЗА нанотехнологии, и товары с наклейкой «Сделано с применением нанотехнологий» или того проще – «Нанопродукт» – на ура пойдут. А за обывателем, точнее, за его деньгами, и инвесторы в нанотехнологии потянутся. А если пугать обывателя с экранов телевизоров, новостных лент сайтов, страниц газет и журналов новыми неизведанными свойствами нанопродуктов, с многозначительным видом рассуждая, есть опасность для жизни от нанотехнологий, нет ли опасно-

сти для жизни от нанотехнологий – науке про то пока неизвестно, то он от них шарахаться будет, как черт от ладана. И что считать, а что не считать нанотехнологиями рядовому обывателю тоже фиолетово. Он надписям на упаковке больше верит, чем заключениям экспертов.

К тому все это, что жестче надо тему «нано» эксплуатировать. Во всех видах и ракурсах ее подавать. Положительных, разумеется. А разговоры, что «нано», что не «нано», что на пользу, а что во вред, оставить для дискуссий на специализированных конференциях и заседаниях в узком кругу специалистов, а не на всеобщее обозрение выносить. Не знаю, как насчет парламента, но рынок, точно, не место для дискуссий. Это место, где все и вся продают. И чем громче о себе и своем товаре продавец заявит, тем больше к нему покупателей набегит. А если он будет, на рыночный сленг переходя, репу чесать, покупателей смущая своими рассуждениями вслух, «а кто его знает, чего я тут вам продаю», то все покупатели от него к другому продавцу уйдут. Тому, кто свой товар нахваливает, каким бы убогим он ни был.

В переводе в плоскость научных изысканий это означает, что дискуссии за нанотехнологии вести, конечно, надо, но не след слишком сильно ими увлекаться, идя на поводу своих зарубежных коллег, которые под шумок теми же наноасфальтами, нанокремами, нанохлебами кормятся, если не сам товар производя, то технологии его производства создавая, чтобы продать тем же ушлым товарищам из Поднебесной, которые дело на поток поставят, и весь мир своей продукцией завалят. В том числе и нас, пока мы промеж себя решаем «нано-не нано», и на смех своих нанопроизводителей. поднимаем за то, что не то «нано» производят. Да еще в пылу борьбы за чистоту науки к таким технологиям обращаемся, которые в просторечии «черным пиаром» именуется. А то ведь можно камня на камне от своих нанотехнологий не оставить, уйдя в такие высокие технологии, что рядовой обыватель до них не дотянется. И деньги ребятам попроще отдаст. За тот же самый товар, а то и хуже, что мы и сами производить можем. Если вместе с нановодой не выплеснем и свое едва нарождающееся производство нанопродукции.

Про популяризацию

Ну, то так, лирическое отступление, здесь речь пойдет о популяризации науки, то бишь, процессе распространения научных знаний в современной и доступной форме для широкого круга людей. Точнее, не о популяризации науки вообще, а о популяризации инноваций, как первого шага по дороге в высокие технологии.

По общепринятой сейчас во всем цивилизованном мире схеме работы с инновациями, одним из краеугольных камней системы являются бизнес-ангелы, взваливающие на себя самый тяжелый этап работы – первичную материализацию идей, их отрыв от земли и доведение до понятных всему бизнес-сообществу коммерческих проектов.

Но в представлении обывателей бизнес-ангел – сумасброд, не знающий, куда деньги девать, а изобретатель – чудаков, занимающийся ерундой. Все бы

ничего. Пусть бы себе тешились этой детской наивью, да вот беда – обыватели-то они везде прижились, в том числе и в структурах, от которых в значительной мере зависит судьба изобретений. И сидит такое вот, как выразился в свое время Владимир Владимирович (но не Путин), мурло на принятии решений, и бизнес-ангелы с изобретателями для него – скукотища смертная.

То ли дело бандиты или бандитствующие супермены! Во, жизнь! Роскошные виллы, доступные красотки, шикарные автомобили. Стрельба-пальба для повышения адреналина. Мордобой в качестве самого весомого аргумента в споре хозяйствующих по этой жизни субъектов. Вот с кого жизнь-то надо делать! Вот с кем не соскучишься и прелести рая в земной юдоли вкусишь! И все мы благодаря обывательской политике чинуш и воротил от теле- и кинобизнеса стали, как рыбки в том анекдоте: «Какая красивая смерть», – судачили меж собой рыбки в аквариуме ресторана, с завистью глядя на осетра, картинно застывшего в янтарной глади заливного.

А все почему? Потому что – кино! Дело добровольное: хочешь – смотри, не хочешь – тоже смотри, потому что другого не дадут. А то, что жизнь бандита пуста, бестолкова и бессмысленна, а супермен по жизни мышей боится и в самолете писается, так это за кадром остается. Важнейшее из искусств делает наш мир таким, каким мы видим его на экране.

К чему все это? К тому, что кино и телевидение – мощнейший инструмент для формирования общественного мнения. И грех бизнес-ангелам и изобретателям этим инструментом не попользоваться себе на пользу, обывателям во благо. Создать образ успешного бизнеса, процветающего на ниве инноваций, благодаря таланту изобретателей и предприимчивости бизнес-ангелов, чтоб детишки с гордостью говорили: «А мой папа – изобретатель!», а бизнесмены и чиновники за спиной бизнес-ангела не пальцем у виска крутили, а вздыхали с завистью.

Самыми захватывающими действиями на телевидении являются сериалы – нужно запускать сериалы об изобретателях и их покровителях. Сюжеты на основе наиболее ярких бытовых событий из их жизни (это привлечет внимания обывателей, материала в истории предостаточно, надо лишь ярко подать). В конце каждой серии – закадровый текст с описанием наиболее значимого достижения героев в период жизни, отображенный в серии.

Самыми захватывающими фильмами являются фильмы-катастрофы – нужно ставить фильмы на эту тематику, в которых героями будут не супермены, а изобретатели и инвесторы, и кульминационным моментом явится не катастрофа, а ее предотвращение или предотвращение ее губительных последствий. Не падение астероида, а его уничтожение. Не наводнение, а укрощение водной стихии. Не землетрясения и цунами, а их предупреждение и спасение людей. И все это силой изобретательской мысли, преумноженной материальными возможностями бизнес-ангелов. Во всех фильмах – красной нитью: мир спасают не супермены, а изобретатели, потому как для этого мозги нужны. Безмозглые порождают катастрофы, умные их предотвращают. Сейчас, если судить по продукции Голливуда, все наоборот.

И надо всеми средствами привлекать в науку молодых. Привлечь в науку талантливых и энергичных молодых людей можно через развитие инновационной деятельности. В основе всех инноваций – наука. Наука – это идеи, многие из которых уже сейчас можно трансформировать в товары. Товары – это материальное благополучие. Хотим мы того или нет, материальное благополучие – сильный стимул для многих людей, в том числе и молодых. Через инновации вполне можно сделать так, чтобы бизнесмены стояли в очереди к молодым ученым, на лету ловили их идеи и всеми средствами заманивали к себе на работу выпускников вузов, предлагая им самые выгодные условия для занятий наукой. Здесь проблема – дистанцироваться от оборонки, уйти от практики: чем у нас в науке не занимайся, все равно ружье получается. Если оставить, как есть – все будет секретиться и гинуть в пыльных архивах. Это беда даже не научных работников, а всей цивилизации.

Если вернуться к телевидению, как средству привлечения общественного внимания, то нельзя игнорировать ток-шоу. Надо организовывать ток-шоу на научную тематику, но не в виде степенной беседы двух академиков о таинствах Вселенной, а в формате прилюдной разборки или, по научному, дискуссии, благо разборок в научной среде хватает. Если нет возможности организовать свое, работать через уже закрепившиеся на экране шоу. Не брезговать ничем. Форма определяет содержание, но талантливое содержание может трансформировать и видоизменить саму форму.

Про документалистику, ныне у нас забытую, и говорить не стоит. Этот мощный инструмент популяризации необходимо восстанавливать. Не смотря на вроде бы полное отсутствие в документалистике коммерческой составляющей. Но это если тупо под ноги смотреть. Ведь даже десяток способных ребят, пришедших в науку благодаря профессионально поставленному научно-популярному фильму, который у них интерес вызовет и тягу к знаниям пробудит, могут дать экономический эффект, который никакими деньгами не измеришь.

Самое сложное – привлечь внимание власти. Логических доводов здесь будет явно недостаточно. Гром не грянет – власть не вздрогнет. Отдаленные раскаты уже слышны: землетрясения, наводнения, цунами, новые эпидемии, нефтяной кризис, пролеты астероидов (комету Шумейкера-Леви забыли, а надо бы всем и не один раз показать, что она натворила с Юпитером) и т. п. Надо развернуть политиков лицом к этим проблемам. Терроризм – это, конечно, неприятно, но есть вещи посерьезнее. Лидеров надо сунуть носом в эти вещи. Играть на отеческих чувствах, амбициях, корысти, прочих низменных чувствах и страхах, пусть они послужат во благо человечества. Если ума не хватает, надо пугать.

Ну и, конечно, работать, работать и работать. Даже при полном равнодушии общества и власти. Ведь мировоззренческую основу современного общества составляют базовые научные принципы, а они изучены еще не в полной мере, да и открыты далеко не все. А возможностей для плодотворной работы предостаточно. Компьютерное моделирование плюс современная наука,

плюс талантливый теоретик, и рождается, если еще и не Бог, то уже полноправный Творец, элегантно движением мысли возвращающий мирозданию его первозданную красоту.

Про творцов

Но этому Творцу не обойтись без бизнес-ангела, поскольку так уж устроен наш мир, что немаловажную роль в нем деньги играют. А их Творцу бизнес-ангел приносит. В идеале бизнес-ангел – это все мы в образе государства, аккумулирующего денежные средства и перераспределяющего денежные потоки в наиболее социально значимые русла. Чтоб росло и крепло благосостояние простых граждан. Но на деле несколько иначе выходит, и так уж получилось, что государство наше фактически самоустранилось от поддержки инноваций.

Но, устранившись от инновационной деятельности, Государство Российское предоставило нашим мудрым и состоятельным соотечественникам уникальную возможность золотыми буквами вписать свои имена в историю человечества. Эта возможность – поддержка изобретателей.

Поддержка изобретателей – это не просто финансовое участие в материализации чьих-то идей. Финансовая поддержка – важная, но не единственная составляющая такого рода деятельности.

Поддержка изобретателей аналогична банковским вложениям. Здесь также требуется и расчетливость, и проницательность, и холодный ум. Но если прирост банковских вложений ограничен процентной ставкой, то поддержка изобретателей при разумном и грамотном подходе приносит баснословно высокие прибыли. Ведь материализация одной дельной идеи порождает тысячи и тысячи овеществленных ее воплощений, доход от реализации которых с лихвой окупает все предыдущие затраты.

Поддержка изобретателей сродни спонсорству строительства храма. Здесь также требуется и добропорядочность, и человеколюбие, и безграничная вера в создателя, способного совершить чудо. Но если участие в строительстве храма – веление души, которое зачастую диктуется страхом ответственности перед богом за земные прегрешения и, положив руку на сердце, возможностью заручиться поддержкой сильных мира сего, которые благосклонно воспринимают подобные деяния, обладая некоторыми полномочиями на предоставление ряда земных благ, то поддержка изобретателей – проявление мудрости. Ведь подобный шаг является благим деянием для всех ныне и последующе живущих, награда за которое – благодарная память человечества в этом мире и всемирная благодать в мире ином для тех, кто туда собирается.

Поддержка изобретателей подобна раскрутке эстрадных звезд. Здесь также требуется и коммуникабельность, и напористость, и твердая вера в удачу. Но если раскрутка звезд превратилась в ремесло, доступное любому, мало-мальски разбирающемуся в психологии толпы, то раскрутка изобретателей – это стезя мастера, работающего не на потребу дня, а творящего для вечности. Ведь память об изобретениях не стирается через десяток лет, подобно эст-

радному сиюминутному успеху, а материализуется в достижения земной цивилизации и увековечивается в виде реальных, повсеместно используемых творениях разума и рук человека. Память эта проносится через столетия, вместе с памятью об их создателях и тех, кто не позволил кануть им в Небытие под напором неумолимого потока времени и безграничного невежества обывателей. Ради этого стоит жить, с гордостью ощущая себя не просто крутым парнем, а человеком разумным. Это не суета вокруг дохода, а путевка в бессмертие.

Да только что-то не очень-то и спешат наши мудрые и состоятельные соотечественники приобрести эти самые уникальные путевки. Их, почему-то, больше теплые страны и обустроенные берега привлекают. А, может, их и нет? Не путевок. Путевки-то пока имеются: готовых к внедрению инновационных проектов предостаточно. Мудрых и состоятельных соотечественников. Мудрые есть. Состоятельные есть. А вот мудрых и состоятельных... Не срослось еще.

Про инновации

Поэтому в инновациях с инвестициями незадача пока что у нас выходит. Среди чиновничества, по долгу службы этим делом занимающимся, инновационное рукоблудие процветает – масса удовольствия от самого себя при занятии инновациями, а плодов их реализации не наблюдается. Одни только томные вздохи, о том, что изобретатели не то изобретают, инвесторы не туда инвестируют, производители не то производят. Под эти страстные причитания бюджетные деньги прячутся в карман и растворяются в массе земных удовольствий, ничего общего с инвестициями в инновации не имеющих.

Да и инвесторы сильно на дикарей в магазине электроники смахивают. Глаза от жадности горят, а платить за товар не хочется. Проще и привычнее украсть. Только изобретение – не банан, который сразу в рот засунуть можно. Механизм сложный. Как телевизор для дикаря. Украсть-то, конечно, не проблема. Проблема, что с ним дальше делать. Тащить тяжело, а использовать по назначению мозгов не хватает. Разве что на бусы разобрать. Да на шею повесить, чтоб все видели – человек техническими новинками интересуется и не прочь к ним руку приложить. Инвестор в инновации, значит, получается.

Все это к тому, что нет у нас сейчас в России инфраструктуры, жадно впитывающей все новое, и эффективных механизмов выведения новинок на рынок. Потому и процветает, то, что выше описано – дикость и непотребство.

Пример тому, ответ одного из наших бизнес-ангелов (эвфемизм еще тот, там порой рога обламывать надо да хвосты отрывать, чтоб хотя бы подобие ангела получилось) на вопрос, что делать с мелкими проектами: «Безжалостно топтать, топтать и еще раз топтать! Чтоб духу их в моем инвестиционном портфеле не было!»

А потому по здравому разумению, вообще то, к крамоле приходишь, что на Руси сейчас нужны не бизнес-ангелы, а бизнес-черти. Не ангельское это дело – с изобретениями возиться.

Разве сможет бизнес-ангел загореться идеей и вытащить проект, который поначалу абсолютно никому не нужен? В который верит только сам автор, а все эксперты в один голос утверждают, что из этого ничего не выйдет, потому что такого в природе не существует.

Разве сможет бизнес-ангел орать на эксперта: «Не выйдет, говоришь! А я говорю – выйдет! Потому что я так хочу! А раз я хочу – выйдет! И Васька, говорит, что выйдет, а я ему верю, а не тебе, мокрица очкастая!»?

Разве сможет бизнес-ангел, плюнув на все свои дела, помчаться за сотни верст, смотреть, как работает васькин воздухокат, а потом, цыкнув на главбуха, отвалить Ваське в два раза больше, чем тот просит, и вместе с ним днями и ночами ковыряться в диковинной машине?

Разве сможет бизнес-ангел взять Ваську за грудки, когда тот уйдет в запой после очередной аварии своего воздухоката и рывкнуть: «Ты что ж, сукин сын, делаешь! Я в тебя все деньги вбухал, а ты, поганец, сопли распустил! Что б завтра ж твой воздухокат работал, а не то башку оторву!»?

Разве сможет бизнес-ангел, запыхавшись от бега вслед за летящим воздухокатом с радостным ором: «Можем ведь, Васька! Сделали! Катит! Глянь, как катит-то!», вдруг остановиться и буркнуть: «Ну, все, Васька, надоело. Вот тебе деньги, что остались, а я домой. Заводишко там без меня совсем растащили. А ты уж сам тут как-нибудь. Некогда мне. Дела.»?

Нет, конечно. Никакой бизнес-ангел этого не сможет. Это только бизнес-черту по плечу. Да и то не всякому.

Бизнес-ангел сможет, разве что тихо подлететь и взять за бесценок у закручинившегося Васьки чертежи вместе с запылившимся воздухокатом и наладить в Австралии выпуск карэйров по 15000 \$ за штуку.

Но эти мелочи бизнес-черта уже не интересуют. Он занят вытягиванием своего заводишка, чтобы сделать деньги, чтобы через год снова превратиться из рядового хозяина хлебозавода в бизнес-черта, без которого ни один бизнес-ангел у нас не приживется.

Ангелы порхают там, где все чинно и пристойно. Законодатели их интересы защищают, правительства об их благе пекутся, обыватели на них молятся. А у нас климат не тот. Инновационный. У нас только бизнес-черти выжить могут. Которые плюют на законы, потому как они фактически не работают в сфере инноваций. Которые чихают на правительство, потому что никакой внятной инновационной политики у того нет. Которые на себе вытаскивают проекты, от которых бизнес-ангелы шарахаются поначалу, как черти от лада-на.

Про ошибки

Но чтобы бизнес-черти погоду в нашем инновационном климате делали, и звезда их радужно засияла на нашем инновационном небосклоне в пример

всем прочим инноваторам, им самим мощная поддержка нужна. Success story в описанном в самом начале этой статьи формате – кино про них, СМИ о них, сайты для них. Причем, при работе с success story грех не попользоваться прорехами в нашем мировосприятии, когда чья-то выдумка становится иногда реальнее самой жизни.

Примером может служить цитата о политике в отношении Советского Союза, якобы принадлежавшая Алену Даллесу и приведенная Андреем Карауловым в одном из выпусков «Момента истины». Вот образец высокопрофессиональной подачи идеи – некоего эфирного образования, в природе не существующего! Думы народные, озвучка Караулова. И не важно, что все было малость за уши притянута, в том плане, что текстовка совсем другое авторство имеет. Главное – резонанс. Зацепило. Заволновалось общество.

А если б материал был подан без легенды разведчика – прошел бы не замеченным, затерявшись в мутном потоке постперестроечных прозрений. Что, собственно говоря, и произошло при первом явлении этой текстовки в мир.

На ошибках учатся, гласит народная мудрость. Умные – на чужих, все остальные – на своих. Но ошибка – пример, как не надо делать. Как не надо делать, знают все. А посему многие ничего и не делают. Чтобы ошибок не совершать. В результате ни ошибок, ни дел. По нулям. Чист перед богом и людьми, аки лист пустой бумаги.

Архангел Петр при неизбежном свидании в недоумении: «Сыне, кой черт тебя в мир пускали? Что там после тебя с места сдвинулось? Иди-ка ты с богом к чертям. Пусть они с тобой разбираются, пошто ты жизнь, богом дарованную, попустому растратил». Черти тоже врата не открывают: «Нам такой не нужен. Никакого навара. Только дрова переводить. Проваливай, пока не навалили». Так и слоняются души неприкаянные, покоя вечного не обретя за отсутствием состава преступления или благодеяния.

Для ученого незачем заблуждаться. В мире случайностей мы ищем закономерности и, как ни странно, иногда их находим. Поиск этот называется наукой. Из великих заблуждений порой прорастают целые научные направления, поднимающие человечество еще на одну ступень познания мира. Скверно, наоборот, когда для ученого все ясно и понятно. Тут уж не до поиска истины. Все силы отдаются на борьбу школ и амбиций, уйма энергии уходит на доказательство того, что это учение единственно верное, хотя только время способно доказать истинность знания.

Про гениев

Природа каждого из нас наделила необычайной, удивительной способностью – мыслить. Посредством мышления человек способен взаимодействовать не только с тем, что его окружает в данный момент, но и выходить далеко за пределы так называемого реального мира. Мысль человеческая свободна, и если под гениальностью понимать свободу мышления, то каждый из нас гениален от рождения. Вся беда в том, что с первых секунд прихода в этот мир общение с себе подобными, без которого человек не может стать Чело-

веком, ограничивает свободу мышления сложившимися общественными стереотипами, и лишь единицы находят в себе силы мыслить и творить за пределами навязываемых обществом рамок. И лишь единицы из этих единиц находят возможным вернуться в общепринятые рамки, чтобы ясным и понятным языком донести до других открывшееся им таинство. И лишь единицам из единиц этих единиц выпадает счастье быть услышанными и принятыми человечеством. И тогда человечество осознает, что мир посетил Гений.

Решать простые задачи простыми методами могут практически все люди, за исключением умственно отсталых или, попросту говоря, дураков. Одаренные люди с авантюристическими наклонностями предпочитают сначала усложнить простую задачу, чтобы затем с блеском ее решить. Талантливые люди способны разрешить сложную задачу сложными методами. И лишь гениальным людям под силу найти решение сложной задачи при помощи простых методов.

Методология подобного поиска решений построена на объединении нескольких элементарных, понятных любому определений, для объяснения сложного явления. Неординарность решения заключается в том, что до гения никому и в голову не приходит использовать такие элементарные понятия воедино для моделирования и объяснения, казалось бы, совершенно стороннего явления. До него над проблемой бьются тысячи талантов, каждый из которых приносит свой вклад в ее решение. Но лишь гений способен подняться немного выше над проблемой, посмотреть чуть шире на круг возможных вариантов решений, обобщить несколько больше разнородных понятий и на основе глубокого анализа сделать выводы, которые при всей своей первоначальной парадоксальности для специалистов, окажутся спустя некоторое время общепринятыми и непререкаемыми для всех прочих.

Если представить себе решение какой-либо задачи, как путь от исходной точки к конечной через загроможденную проблемами площадку, то:

- простые смертные идут сами, но не всегда доходят, теряясь в лабиринте проблем;
- авантюристы набиваются в проводники простым смертным, предварительно загромоздив площадку еще больше, а когда человек растеряно спрашивает: «А что делать-то?» быстренько тащат его по заранее проложенному маршруту к нужной им (авантюристам) цели;
- таланты, руководствуясь одним им понятными ориентирами и приметами, ведут за собой толпы простых смертных;
- гении берут человека за шиворот, поднимают над площадкой и сверху показывают дорогу, чел радостно: «Ну, я пошел», и, наткнувшись на первое же препятствие, которое с высоты казалось таким незначительным, обзывает гения дураком и спешит за помощью к авантюристам.

Одной из задач, при поиске решения которой без гения не обойтись, является доказательство математических гипотез из программы Роберта Ленглендса, который в 60-х годах прошлого века предложил программу построения математики будущего. В результате реализации этой программы любую

неразрешимую в одной области математики проблему можно было бы трансформировать в аналогичную проблему из другой области, где для ее решения имелся бы новый обширный арсенал методов. В случае неудачи эту проблему можно было бы перенести в следующую область математики, и так далее – до тех пор, пока она, наконец, не будет решена. Можно было бы даже построить алгоритм переходов из одной области математики в другую при доказательстве еще не доказанных гипотез и решении еще не решенных задач на основе анализа инструментария, необходимого для разрешения проблемы, и методов, имеющихся в наличии в той или иной области математики.

Успех программы Ленглендса оказал бы огромное влияние на развитие естествознания, прикладных наук, техники, где, зачастую, ключ к решению проблемы представляет из себя выполнение громоздких математических расчетов. В некоторых разделах физики и техники сложность вычислений столь высока, что служит серьезнейшим препятствием на пути к прогрессу. Если бы математики смогли доказать гипотезы из программы Ленглендса, то были бы получены ответы не только на абстрактные математические вопросы, но и высветились бы пути решения практических проблем реального мира: неподъемные и громоздкие на сегодняшний день математические выкладки обрели бы изящную и удобную форму, позаимствованную из других математических дисциплин.

И снова про популяризацию

А слова, якобы сказанные Аленом Даллесом в самом конце Второй мировой войны, заслуживают того, чтобы их еще раз вспомнить. В отношении тех же success story – это учебное пособие: «Делай наоборот то, что тебе соперник навязывает, и все у тебя получится».

«Окончится война, все утрясется и устроится. И мы бросим все, что имеем: все золото, всю материальную мощь на оболванивание и одурачивание людей! Человеческий мозг, сознание людей способны к изменению. Посеяв там хаос, мы незаметно подменим их ценности на фальшивые и заставим их в эти фальшивые ценности верить. Как? Мы найдем своих единомышленников, своих союзников в самой России. Эпизод за эпизодом будет разыгрываться грандиозная по своему масштабу трагедия гибели самого непокорного на земле народа, окончательного и необратимого угасания его самосознания. Например, из искусства и литературы мы постепенно вытравим его социальную сущность; отучим художников и писателей – отобьем у них охоту заниматься изображением и исследованием тех процессов, которые происходят в глубинах народных масс. Литература, театры, кино – все будет изображать и прославлять самые низменные человеческие чувства. Мы будем всячески поддерживать и поднимать так называемых художников, которые станут насаждать и вдалбливать в человеческое сознание культ секса, насилия, сатанизма, предательства – словом, всякой безнравственности. В управлении государством мы создадим хаос и неразбериху. Мы будем незаметно, но активно

и постоянно способствовать самодурству чиновников, процветанию взяточников и беспринципности. Бюрократизм и волокита будут возводиться в добродетель. Честность и порядочность будут осмеиваться и никому не станут нужны, превратятся в пережиток прошлого. Хамство и наглость, ложь и обман, пьянство и наркоманию, животный страх друг перед другом и беззащитность, предательство, национализм и вражду народов – прежде всего вражду и ненависть к русскому народу – все это мы будем ловко и незаметно культивировать, все это расцветет махровым цветом. И лишь немногие, очень немногие будут догадываться или даже понимать, что происходит. Но таких людей мы поставим в беспомощное положение, превратим в посмешище, найдем способ их оболгать и объявить отбросами общества. Будем вырывать духовные корни, опошлять и уничтожать основы народной нравственности. Мы будем расшатывать таким образом поколение за поколением. Будем браться за людей с детских, юношеских лет и главную ставку всегда будем делать на молодежь – станем разлагать, развращать и растлевать ее. Мы сделаем из нее циников, пошляков и космополитов. Вот так мы это сделаем!»

В приложении к инновациям в части их популяризации из этого якобы откровения главы американской разведки следует – чтобы преуспеть в технологическом развитии, необходимо выкинуть из голов участников процесса блажь, что заграница нам поможет. Никто с нами не собирается своими секретами делиться и передовые технологии нам предлагать. Все самим придется делать. Более того, делать в условиях жесткого сопротивления многому полезному со стороны наших же ответственных товарищей. И не потому, что они сплошь ретрограды, хотя и не без этого. А потому, что мозги у них плотно забиты высококачественным искажением действительности. И одна из основных задач популяризации инноваций не столько просветительская, в смысле ознакомления широкой общественности с техническими новинками, сколько публицистическая, в плане формирования в обществе благовосприимчивой к инновациям атмосферы. Ко всему прочему, конечно, необходимо формировать еще и благовосприимчивое к инновациям законодательство. Но это уже несколько другая история, в которой популяризации отводится роль посредника, а не активного участника процесса.

Обращаясь к вопросу о популяризации научных знаний среди представителей бизнеса стоит заметить, что неумение или нежелание работать с новейшими теоретическими разработками, хоть в физике, хоть в любой другой области естествознания – это упущенная предпринимателями выгода от опережающего старта в новых сферах бизнеса. Пренебрежительное отношение к собственным молодым и талантливым ученым – это упущенная бизнесменами выгода от привлечения в свой бизнес свежих сил. Многие наши молодые таланты проявили себя отнюдь не на Родине, а далеко за ее пределами. А мы их прозевали, торгуя левыми нефтепродуктами, контрабандными спиртными напитками и ввезенными к нам по хитроумным схемам нашими же автомобилями. Хотя многие успели в школе прочитать чеховскую «Попрыгунью».

Чеховская героиня одного талантлившего ученого рядом с собой не заметила. Наш бизнес – целое поколение. И это беда не отдельного одаренного индивидуума. Это беда всего нашего общества, которое упустило шанс подняться еще на одну ступень своего развития.

И беда эта не пройдет, если мы не уделим должного внимания вопросам популяризации науки. Популяризации профессиональной, броской, зажигающей. Людей – обывателей, бизнесменов, чиновников – надо зажигать. Чудо им явить. А отчетами, над которыми сами авторы засыпают, никого не зажжешь. Обращаться надо не к разуму, а к чувствам. Бить не на цифры, а на эмоции. Цифры потом потребуются. Для отчетности. От которой все чертыхаются, но которая всем нужна. Зачем? – мало кто знает. Так положено. В природе не существует ни одного проекта, осуществленного в полном соответствии с предшествовавшим ему бизнес-планом. В проекте каждый должен увидеть или интерес, когда удовольствие получаешь от самого процесса, или цель, когда получаешь удовольствие от достигнутого результата. А это уже задача популяризации науки среди будущих ученых – пробудить интерес к научному поиску у наших молодых современников.

Библиографическая ссылка: Гумаров В.А. Про популяризацию высоких технологий и не только // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 307-321

Article reference: Gumarov V.A. About popularization of high technologies and not only // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 307-321

УДК 608.3

Китай – понять и принять инновации (взаимодействие Китая и Израиля)

Фиговский О.Л.

*Академик Европейской Академии Наук,
член центрального правления НОР,
кавалер Ордена «Инженерная Слава»,
Nanotech Industries, Inc. Daly City, CA, USA
e-mail: figovsky@gmail.com*

Аннотация: Описаны тенденции развития научно-технического сотрудничества между Китаем и Израилем. Приведены примеры успешных инноваций в различных странах мира.

Ключевые слова: Научно-техническое сотрудничество, Китай, Израиль, США.

UDK 608.3

China – to understand and accept innovation (the interaction of China and Israel)

Figovsky O.L.

*Academician of the European Academy of Sciences,
Member of the central board of the NOR,
Knight of the Order of Engineering Glory
Nanotech Industries, Inc. Daly City, CA
e-mail: figovsky@gmail.com*

Annotation: The tendencies of development of scientific and technical cooperation between China and Israel are described. Examples of successful innovations in various countries of the world are given.

Keywords: Scientific and technical cooperation, China, Israel, USA.

Китай – понять и принять инновации (взаимодействие Китая и Израиля)

Я только что вернулся из Китая, где участвовал в официальном открытии новой программы «1000 талантов», по которой планируется найти и развивать научные таланты высокого международного уровня под руководством

ведущих экспертов – ученых из разных стран в области технических наук. Если в России мечтают о появлении 5-10 университетов в первой сотне рейтинга, то в Китае хотят иметь хотя бы 1000 мирового уровня ученых через 5-10 лет, что более реалистично. При этом все руководство наукой и техникой в Китае искренне уверено, что сотрудничество с Израилем, цивилизация которого, как и Китая, связана с многовековой историей, является естественным и необходимым, особенно в новых технологиях, ибо Китай уверен, что наступление технологической сингулярности неизбежно.

Известный футуролог и инженер Google Рэй Курцвейл в очередной раз подтвердил свое смелое предсказание, согласно которому машины обзаведутся сопоставимым с человеческим разумом к 2029 году. Ранее он говорил, что это случится к 2045 году, но с тех пор изменил свое мнение. На фестивале SXSW Курцвейл заявил, что «на самом деле машины питают всех нас. Они делают нас умнее. Возможно, они пока не оказались внутри наших тел, но к 2030-м годам мы подключим наш неокортекс, ту часть мозга, где происходит наше мышление, к облаку».

Это слияние человека и машины – которое иногда называют трансгуманизмом – та же концепция, о которой основатель CEO Tesla и SpaceX Илон Маск говорил, обсуждая развитие нейронных сетей. Для Маска, впрочем, интерфейс между человеческим мозгом и компьютерами жизненно необходим, чтобы не дать нашему виду устареть, когда сингулярность наступит.

Маск также занимается Open AI, некоммерческой организацией с миллиардным вложением, предназначенной для обеспечения развития общего искусственного интеллекта (ОИИ). ОИИ – еще один термин интеллекта человеческого уровня. Сегодня большинство людей именуют ИИ слабым или узконаправленным искусственным интеллектом – машиной, способной «мыслить» в очень узком диапазоне понятий или задач.

Футуролог Бен Герцель, который среди прочих его многочисленных ролей является ведущим ученым в компании по финансовому прогнозированию Aidyia Holdings и робототехнической компании Hanson Robotics, считает, что ОИИ вполне может объявиться во временных рамках Курцвейла. Сингулярность же спрогнозировать сложнее – он оценивает сроки ее наступления где-то между 2020 и 2100 годами. «Имейте в виду, что мы могли бы достичь ОИИ человеческого уровня, радикального расширения сферы здравоохранения и других интересных вещей задолго до сингулярности – особенно если мы хотим временно замедлить развитие ОИИ, чтобы увеличить шансы на благоприятную сингулярность», – пишет он.

Курцвейл, Герцель и другие всего лишь входят в новейшее поколение футурологов, которые решили, что человечество устремилось к новой парадигме существования, во многом благодаря технологическим инновациям. Были некоторые намеки, что философы еще в 19 веке, благодаря промышленной революции, поняли, что человеческая раса начала двигаться в странном направлении с постепенно нарастающей скоростью. И только в 1950-х годах выкристаллизовалось современное понимание сингулярности.

Математик Джон фон Нейман отмечал, что ускоряющийся прогресс технологии намекает на приближение к некой существенной сингулярности в истории человеческой расы, после которой наш вид уже не будет существовать в известной нам форме.

В 1960-х, после работы с Аланом Тьюрингом по расшифровке нацистских сообщений, британский математик И.Д. Гуд ссылаясь на сингулярность, не называя ее как таковую. Он писал: «Пусть сверхразумная машина будет определена как машина, которая может намного превзойти все интеллектуальные действия любого умного человека. Поскольку проектирование машин будет одним из таких интеллектуальных видов деятельности, сверхразумная машина может проектировать еще более совершенные машины. И тогда случится «взрыв интеллекта», и разум человека окажется далеко позади.

Писатель-фантаст и профессор математики Вернор Виндж считается создателем термина «технологическая сингулярность». В своем эссе 1993 года «Приближающаяся технологическая сингулярность: как выжить в эпоху постчеловека» он предсказал, что технологическая трансценденция наступит в течение 30 лет. Виндж объяснил в своем эссе, почему он думает, что термин «сингулярность» – в космологии это событие, когда пространство-время рушится и формируется черная дыра, – подходит: «Это точка, за которой наши модели придется отбросить, и образуется новая реальность. По мере того как мы приближаемся к этой точке, она будет становиться все более и более применимой ко всем человеческим сферам деятельности. И все же, когда сингулярность наступит, она может быть большим сюрпризом и еще большей неизвестностью».

База данных, собранная НИИ машинного интеллекта (MIRI), некоммерческой организацией, посвященной социальным проблемам, связанным с ОИИ, показала, что было сделано 257 предсказаний появления ИИ с 1950 по 2012 год в научной литературе. Из них 95 содержали прогнозы, дающие график развития ИИ. «Прогнозы появления ИИ в базе данных кажутся лишь немного лучше, чем случайные догадки», – пишут авторы. Например, ученые обнаружили, что «нет доказательств того, что экспертные прогнозы отличаются от оценок неспециалистов». Они также выяснили, что большинство прогнозов на тему ИИ попадают в определенное пятно – от 15 до 25 лет с момента прогноза.

Китай вышел на первое место по степени влияния в четырех из восьми ключевых научных областях. Остальные четыре сферы находятся в ведении США. Новые данные приводит Nikkei Asian Review со ссылкой на исследование Японского агентства науки и технологий (JST). Аналитики JST изучили самые популярные и цитируемые исследования в каждой из восьми основных научных областей. Эксперты определили, в каких странах базируются авторы 10% лучших научных работ. В выборке учитывались ученые из США, Великобритании, Германии, Франции, Китая и Японии. КНР заняла лидирующие позиции по информатике, математике, материаловедению и инженерии. Сферами влияния США оказались физика, биомедицинские

науки, экология и клиническая медицина. Однако постепенно Китай догоняет Америку в области физики – страна инвестирует \$6 млрд. в строительство самого крупного в мире ускорителя частиц и со временем может стать лидером в физике частиц. Наибольших успехов китайское научное сообщество достигло в компьютерных науках. В 2000 году ученые из КНР составляли лишь 3% авторов самых цитируемых исследований, а в 2015 году показатель вырос до 21%. Также Китай представил самый быстрый суперкомпьютер еще в 2013 году, а в 2016 уже представил два самых мощных устройства в мире.

Китай догоняет Америку и в разработках искусственного интеллекта. По данным Национального института развития науки и техники Японии (NISTEP), почти половину исследований на авторитетных международных конференциях в области ИИ представили американские вузы и компании. В то же время пятая часть всех докладов об искусственном интеллекте принадлежала ученым из Китая. За последние годы КНР стала инвестировать все большие суммы в разработку ИИ, тогда как США после вступления Дональда Трампа на пост президента стали сокращать бюджет на научные исследования. В 2016 году КНР потратила \$300 млрд. на исследования и разработки. Более того, из тысячи ведущих открытых инновационных компаний мира, больше всех вложивших в НИОКР, 130 базируется в Китае. За прошлый год китайские фирмы потратили в совокупности \$46,8 млрд. на исследования и разработки – на 18,6% больше, чем в 2015 году. В Северной Америке этот рост составил всего 8%.

Согласно данным агентства Thomson Reuters, в 2016 году китайские корпорации инвестировали в израильскую экономику 16,5 миллиардов долларов, почти в 10 раз больше, чем за год до того. Значительная часть этой суммы пришлась на инвестиции в израильские стартап-компании с упором на сектора кибербезопасности и медтехнологий. Агентство отмечает, что одной из причин столь резкого роста китайских инвестиций в Израиль стало их сокращение в США. За последний год китайские компании отменили запланированные инвестиции в американскую экономику на сумму 26,3 миллиарда долларов. Эксперты объясняют перенаправление потока китайских инвестиций ужесточением регуляции в США, а также более низким объемом инвестиций, требуемым для приобретения израильской компании по сравнению с американской компанией. Вот только один частный пример.

Израильская стартап-компания SoftWheel объявила о привлечении \$10млн. в раунде финансирования серии В. Общий объем привлеченных средств достиг \$15 млн. SoftWheel разрабатывает колесо со встроенной подвеской. При использовании обычных колес около 30% энергии теряется из-за того, что у них нет подвески. SoftWheel решает эту проблемы при помощи своей «симметричной и селективной технологии», которая использует три цилиндра под давлением для поглощения ударов самим колесом. Центральная ось колеса таким образом балансирует в воздухе независимо от того, сидит в кресле человек или нет, то есть, ненужные вибрации и удары не передаются в тело человека. На практике это означает, что человек в таком транспортном средстве

сможет преодолевать ступеньки и бордюры без особого дискомфорта. Первый целевой рынок для стартапа – сегмент инвалидных колясок.

Как примеры успешных научно-технических разработок в Китае можно привести пример нового способа изготовления электродов. Ученые из Китая и США предложили способ производства катодов для аккумуляторов с помощью гальваностегии. Этот способ позволит делать более функциональные батареи различной формы. Обычно при изготовлении катодов литий-ионных аккумуляторов используют содержащие литий порошки, которые смешивают с вязкой основой, а полученную массу наносят на алюминиевую фольгу и высушивают. То, что слой должен быть тонким, ограничивает емкость батареи. Кроме того, вспомогательные материалы, обеспечивающие поддержание формы, увеличивают размер и массу аккумулятора, при этом оставаясь бесполезными в работе батареи. Авторы исследования предложили наносить порошок на алюминиевую фольгу гальванически. Избавление от ненужной вязкой основы повышает стабильность работы аккумулятора, его емкость и скорость, с которой он заряжается. Кроме того, авторы работы отмечают, что при таком способе изготовления можно использовать материалы более низкого качества, соответственно, более дешевые. Свою технологию ученые опробовали, показав, как она работает на поверхностях различной формы и с различной текстурой. «Этого было бы невозможно достичь традиционными способами. Но что действительно важно, так это то, что эти материалы практически сплошные, без пустот. Использование сплошных электродов позволяет хранить больше энергии в том же объеме», – рассказал один из авторов статьи, инженер из Иллинойского университета в Урбане-Шампейне Пол Браун.

Автономное время работы – крайне важный показатель для беспилотных летательных аппаратов. Поэтому все чаще в конструкции таких беспилотников используются солнечные батареи. Испытания одной из таких моделей недавно провели специалисты китайской академии космической аэродинамики (Chinese Academy of Aerospace Aerodynamics, CAAA). Разработанный ими беспилотник способен развивать скорость до 200 километров в час и при этом находиться в воздухе до нескольких месяцев. Китайский летательный аппарат получил название Caihong-T4 (CH-T4), он имеет размах крыльев в 40 метров, максимальная высота полета составляет 20 километров. Для полета используется 4 пары электродвигателей с пропеллерами, получающие энергию от солнечных батарей, установленных на верхней части крыльев аппарата. Также CH-T4 имеет двойное хвостовое оперение, а каждое крыло способно слегка изменять форму в зависимости от условий полета. Вес беспилотника составляет практически 500 килограммов. Подзарядка аккумуляторов происходит в светлое время суток, и их запаса достаточно для того, чтобы CH-T4 продолжал выполнять свою функцию и ночью. Как сообщают конструкторы, при полете на максимальной высоте область охвата «взора» беспилотника составляет около миллиона квадратных километров.

Специалисты Яньшаньского университета (Китай) и Университета Карнеги – Меллон (США) представили новую форму сверхпрочного и сверхлегкого углерода, обладающего эластичностью и электрической проводимостью. Материал с таким сочетанием качеств может найти применение во многих областях, от аэрокосмической до военной промышленности. Уникальность углерода в том, что его электроны позволяют создавать бесчисленные комбинации, дающие начало материалам с различными свойствами, например, прозрачному и сверхпрочному алмазу или хрупкому графиту. В новом совместном исследовании ученые США и Китая подвергли давлению и нагреванию одну из разновидностей углерода – стеклоуглерод – и получили новый прочный и эластичный материал.

Ученые и раньше подвергали углерод давлению как при комнатной температуре (холодная компрессия), так и при экстремально высокой. Но в первом случае полученный материал не мог сохранять свою структуру при нормальном давлении, а во втором получались нанокристаллические алмазы. В данном случае полученный материал состоит как из графитовых, так и из алмазных связей, что позволяет сохранить уникальное сочетание свойств. Под высоким давлением разобщенные слои стеклоуглерода изгибаются, сливаются и соединяются различным образом. Этот процесс создает плотную структуру с короткими связями, сообщает Phys.org. «Легкие материалы с такой высокой твердостью и прочной эластичностью очень нужны там, где снижение веса значит больше, чем стоимость материала, – объясняет профессор Чжишэн Чжао. – Более того, мы считаем, что этот метод синтеза может быть усовершенствован для создания выдающихся форм углерода и совершенно новых классов материалов». Армированная углеродными нанотрубками графеновая пена позволяет выдержать нагрузку, в 3000 раз превышающую ее вес и способна принимать любую форму.

За последние несколько десятилетий учеными было открыто множество различных полимеров, по-разному реагирующих на свет. Некоторые из них твердеют при воздействии света, другие распадаются или усыхают. Китайские физики решили использовать эти их свойства для своеобразной «3D-печати» с помощью проектора и компьютера с программой Power Point. Полимерный материал, реагирующий на свет, помещают в специальную емкость, проецируют на нее слайд, таким образом подсвечивая его с разной интенсивностью, что позволяет полимеру принимать необходимую форму прямо внутри емкости. От продолжительности подсвечивания и яркости зависит толщина конкретного участка и его гибкость. Подготовив определенные слайды, можно создать фигуру практически любой сложности. Полимер, который использовали китайские исследователи, гнется только при очень небольшой толщине, поэтому, с его помощью получается создать только небольшие оригами, чей размер не превышает пары сантиметров.

Для создания 3D-оригами химики использовали фотополимеры – вещества, которые изменяют свои свойства под воздействием света. Мягкий (до облучения) полимерный материал становится твердым. Фотополимеры при-

меняют, например, в стоматологии – из них можно изготавливать пломбы. Химики ввели в жидкий слой полимера (полиакрилатов) инициатор фотополимеризации – вещество, которое при воздействии света будет провоцировать «сшивание» полимерных звеньев и затвердевание материала. Ученые светили на полимерную заготовку для оригами обычным светодиодом, в результате чего полимер складывался (с уменьшением объема) с образованием задуманной 3D-структуры. «Тем не менее, это уже неплохой задел на будущее – любой человек, имеющий дома проектор и Power Point может заняться чем-то подобным», – говорит физик Дайнин Фан из университета Пекина. Сейчас ученые продолжают экспериментировать с другими видами полимеров, стараясь сделать что-нибудь побольше и попрочнее.

Университеты Китая активно сотрудничают и с Европейскими Университетами. Так в последние годы идет активная работа над созданием керамических покрытий, но самым лучшим из них удавалось выдерживать только относительно невысокую температуру 1200-1500 °С, после чего из вещества покрытия в результате абляции испарялись некоторые элементы, то есть нарушалась структура покрытия. Сейчас группа ученых из Института Ройса при Университете Манчестера (Великобритания) и Центрального южного университета (Китай) разработала новый материал с улучшенными характеристиками, который без структурных изменений выдерживает температуру до 3000 °С. Это керамическое покрытие $Zr_{0.8}Ti_{0.2}C_{0.74}V_{0.26}$, которое накладывается на матрицу углерод-углеродного композита C/C с помощью реактивной инфильтрации расплава и цементации.

По своим характеристикам новое покрытие значительно превосходит самую лучшую высокотемпературную керамику (ultra-high temperature ceramics, УНТС), не говоря уже об образцах прошлого. Например, нижняя и боковая часть поверхности планера «Буран» покрывалась керамической плиткой ТЗМК-10 и ТЗМК-25 с рабочей температурой до 1250 °С. Американские аналоги Li-900 и Li-2200 имели примерно такие же характеристики. Керамическое покрытие из $Zr_{0.8}Ti_{0.2}C_{0.74}V_{0.26}$ на углерод-углеродном композите выдерживает 3000 °С. Оно на порядок лучше, чем карбид циркония (ZrC), который сегодня традиционно используется для покрытия режущих инструментов.

Были проведены испытания различных термостойких материалов, которые используются сегодня в промышленности, авиации и космонавтике. Испытания проводились в машине для ацетилено-кислородной резки. Как видим, $Zr_{0.8}Ti_{0.2}C_{0.74}V_{0.26}$ кардинально превосходит все остальные материалы в тестах разной продолжительности и на разной температуре. Показатель MAR означает скорость абляции по массе (mass ablation rate), то есть скорость испарения вещества покрытия. Показатель LAR (linear ablation rate) означает скорость линейной абляции и соответствует пространственной стабильности материала. Например, ZrC при температуре 2500 °С теряет 1,10 мг массы на квадратный сантиметр в секунду, а $Zr_{0.8}Ti_{0.2}C_{0.74}V_{0.26}$ – всего 0,14 мг. В других тестах на 2000-2500 °С материал показывает близкую к нулю потерю веса

или прибавку веса (из-за окисления), что означает великолепную теплостойкость и ничтожную абляцию в потоке горячего газа.

Материал разработан в Великобритании, а изготовлен в Институте порошковой металлургии Центрального южного университета Китая. Исследователи подчеркивают, что применение техпроцесса с реактивной инфльтрацией расплава кардинально уменьшает время, необходимое для изготовления. Вторая важная инновация – нанесение на матрицу из углерод-углеродного композита, что значительно повысило теплостойкость керамики. Химическая структура термостойкой керамики сама по себе выполняет роль защитного механизма. Материалы $Zr_{0.8}Ti_{0.2}C_{0.74}B_{0.26}$ и SiC при $2000\text{ }^{\circ}C$ окисляются и превращаются в $Zr_{0.80}Ti_{0.20}O_2$, B_2O_3 и SiO_2 , соответственно. $Zr_{0.80}Ti_{0.20}O_2$ частично расплавляется и формирует относительно плотный слой, а оксиды с низкой температурой плавления SiO_2 и B_2O_3 испаряются через «каналы эвакуации». При более высокой температуре $2500\text{ }^{\circ}C$ кристаллы $Zr_{0.80}Ti_{0.20}O_2$ сплавляются в более крупные образования, закрывая дыры (каналы эвакуации). При температуре $3000\text{ }^{\circ}C$ формируется почти абсолютно плотный внешний слой, в основном состоящий из $Zr_{0.80}Ti_{0.20}O_2$, титаната циркония и SiO_2 .

Новая абляционная защита может найти применение не только в сверхзвуковых военных и гражданских самолетах, но и в космических кораблях, возвращаемых космических модулях, ракетах, реактивных снарядах, авиационных двигателях и др. Конечно же, ее можно использовать для покрытия рабочих поверхностей в сверлах, фрезах и других инструментах, которые подвергаются высокой температуре – для прочности и долговечности изделия.

Израиль интересен Китаю как страна многих технологических инноваций, которые можно производить в значительных объемах в Китае. Израильская разработка – рубашка, которая оптимизирует работу сердца и сигнализирует о предынфарктном или предынсультном состоянии – заинтересовала крупную китайскую компанию Yiling, и она решила инвестировать 20 млн. долларов в израильскую компанию Healt Watch. Авторы разработки – доктора Йо-рам Ромам и Амос Шентер – запатентовали также несколько аналогичных изделий для людей пожилого возраста. Рубашка Master Caution работает как сигнальная лампочка в самолете: в случае опасности светодиодный элемент на рубашке должен загораться и сигнализировать о проблеме с сердцем. Усовершенствованная кардиорубашка не просто информирует, когда сердце дает сбой, но и в целом оптимизирует его работу. Изобретение израильских ученых предназначено в первую очередь для тех людей, кто не просто имеет проблемы с сердцем, а еще и живет в постоянном страхе, что вот-вот что-то может случиться. Этот страх вызывает развитие депрессии, что ведет к еще большему ухудшению работы сердца. Рубашка Master Caution позволяет человеку, который ее носит, расслабиться и не переживать, что приступ застигнет внезапно. Совсем недавно компании Healt Watch выдали разрешение на продажи кардиорубашки в ЕС и США. Теперь она будет выпускаться и в Китае.

Профессор Амнон Шаашуа и Зив Авирам известны в Израиле как создатели технологии искусственного зрения. Их прибор Mobileye установлен на тысячах машин в Израиле и помогает безаварийной езде. Но мало кто знает о другом, не менее революционном изобретении этих специалистов. В созданном ими в 2010 году стартапе OrCam придумали умный глаз для незрячих людей. Это портативная камера, которая надевается на очки. При помощи маленького динамика она начитывает тексты, распознает лица, считывает названия товаров, денежных купюр и улиц. Аппарат можно использовать как в домашних условиях, так и на улице – в дороге, на учебе и рабочем месте. Он состоит из камеры, мини-динамика (расположенного рядом с ухом) и блока питания размером с мобильный телефон. Этот блок одновременно является интерфейсом прибора и аккумулятором. Благодаря самозарядке с аппаратом можно свободно передвигаться, не задумываясь о розетке. Аппарат не нуждается в вай-фай соединении или соединении с компьютером. Он считывает тексты как из печатных источников, газет и книг, так и с экранов компьютеров, планшетов и даже мобильных телефонов. Умный израильский глаз уже продается. В Англии, США, Канаде, Германии, Швейцарии, Австрии, Франции незрячие носят его уже несколько лет. На родине, в Израиле, число пользователей достигло тысячи. «В Израиле аппарат OrCam продается с двумя языковыми версиями: ивритской и английской. Сейчас мы работаем над русской. Скоро она появится в продаже. Кстати, голос аппарата можно настроить по желанию, он может быть женским или мужским. Пользователю достаточно нажать кнопку, указать на текст – и камера его сфотографирует и прочтает выбранным голосом», – рассказал Роман Портер, инструктор по пользованию прибором. «Прибор могут носить дети старше 5 лет и взрослые без ограничения возраста. Представляете, недавно его приобрел 95-летний израильтянин, чтобы перечитывать любимые книги, – рассказал Матан Бар-Ной, управляющий по продажам. – Аппарат подходит как слабовидящим, так и незрячим». Аппарат рассчитан на 3-5 лет непрерывной эксплуатации. Создатели постоянно улучшают свое детище: недавно они объявили, что скоро OrCam начнет различать и рукописный текст.

Израильская компания Water Gen будет добывать деньги из воздуха. Точнее из воздуха она будет получать воду, а уже эта вода и принесет компании, равно как и ее акционерам, доходы. Все началось в 2009 году со стартапа инициированного предпринимателем и отставным офицером Армии обороны Израиля Арье Кохави. Надо полагать, бывшему командиру роты боевых частей не раз по ходу службы приходило в голову, насколько упростились бы многие вопросы обеспечения, имейся у них в распоряжении переносной генератор питьевой воды. Собственно, идея собирать воду, конденсирующуюся из охлаждаемого воздуха очевидна. Кондиционеры в израильских домах в летнюю жару поневоле каждый день вырабатывают воду, которую некоторые рачительные хозяева затем используют для полива растений или других нужд. Но вот создать систему, которая была бы способна добывать воду из воздуха в коммерческих количествах и без того, чтобы стакан полученной,

таким образом воды, стоил бы как стакан коньяка многолетней выдержки, для этого компании пришлось потрудиться. Сегодня Water Gen научилась не только добывать воду из воздуха, в том числе с помощью автомобильных кондиционеров, но и осушать воздух, а заодно разработала портативные очистители на аккумуляторах для получения питьевой воды из несоленых источников. Среди ее клиентов теперь числятся не только Армия обороны Израиля, но и армии США, Британии и Франции.

А недавно технологиями израильтян заинтересовались в странах, где дефицит питьевой воды ощущается наиболее остро. Одной из них стал Вьетнам, чье почти стомиллионное население страдает от нехватки воды, вызванной загрязнением источников, плохой инфраструктурой и растущими сельскохозяйственными потребностями. Когда владелец и инвестор Water Gen Михаил Мирилашвили в составе делегации израильских бизнесменов, сопровождавших президента Ривлина посетил Вьетнам, он подписал с муниципалитетом Ханоя меморандум о взаимопонимании. В рамках соглашения стоимостью 150 миллионов долларов, компания обеспечит вьетнамскую столицу технологиями, позволяющими производить десятки тысяч литров воды в день. В планах также развернуть во Вьетнаме завод, производящий генераторы воды для обеспечения ими регионального рынка и участие в процессе опреснения воды для вьетнамской столицы. Затем Water Gen заключила еще один договор, на этот раз с Vikar Solar – второй по величине в Индии компанией, преобразующей солнечную энергию. Вместе они намерены снабдить питьевой водой отдаленные индийские деревни, которую будут добывать из влажного воздуха за счет солнечной энергии. В этой стране, количество жителей которой перевалило за миллиард, 75 миллионов человек не имеют доступа к чистой воде.

Всего же на планете почти пятая часть населения – около 1,2 миллиардов человек живет, испытывая постоянный дефицит питьевой воды. Впрочем, Water Gen – не единственная израильская компания, предлагающая решения для этой проблемы. Например, два года назад другая израильская компания H2OK представила свой портативный очиститель воды, уместающийся в ранце за спиной и с помощью процесса односторонней диффузии (осмоса) способный очищать практически любую воду, превращая ее в питьевую. Такой аппарат может пригодиться не только бойцам подразделений специального назначения, но и спасателям, действующим в удаленной местности. В целом объем израильского экспорта технологий, связанных с водной сферой и использованием водных ресурсов, составляет сегодня порядка 2,2 миллиарда долларов в год, но по некоторым оценкам в ближайшие годы эта сумма может увеличиться в 5 раз.

И дело даже не только в экономических дивидендах. Лидирующие позиции в этой сфере открывают Израилю дипломатические и политические возможности. Так, в течение многих десятилетий, коммунистический режим Китая отказывался от контактов с Израилем. Но когда в 80-е годы, ее лидеры осознали масштабы разразившегося в стране водного кризиса, в немалой сте-

пени связанного с загрязнениями и неэффективным использованием источников, в Китай были тайно приглашены израильские водные инженеры. Пекин начал по секрету закупать у еврейского государства оборудование для капельного орошения, тщательно следя за тем, чтобы на нем не было пометок «сделано в Израиле». А затем пригласил известного израильского специалиста для работы в Китае и обучения местных кадров передовым технологиям. Параллельно, осторожно выстраивались и дипломатические отношения, ставшие официальными в 1993 году. Аналогично складывалась ситуация и с развитием отношений между Израилем и Индией.

Компания Store Dot разработала технологию, которая позволяет полностью зарядить аккумулятор электрического автомобиля всего за несколько минут. Такую скорость обеспечивают патентованные компанией разработки, существенно отличающиеся от имеющихся в продаже предложений. Сейчас в StoreDot ищут партнеров и инвесторов, которые могли бы помочь с запуском серийного производства и продвижением перспективной разработки на рынок. Разработчики утверждают, что их аккумуляторы не только быстро заряжаются, но и являются более безопасными в сравнении с другими батареями. По оптимистичным прогнозам представителей компании, новые аккумуляторы могут появиться в продаже уже через пару лет, а пока их нужно хорошенько протестировать. Уже закончились испытания смартфонов, оснащенных батареями нового типа. Видимо, на следующем этапе будет тестироваться более крупная техника, автомобили, например. Сделать зарядку аккумуляторов быстрой и комфортной стараются и более известные производители. Их технология FastCharge позволит зарядить батареи полностью примерно за час, израильтяне же показали, что могут делать то же самое за минуты. Возможно, Илону Маску следует присмотреться к ребятам, да и объединиться со стартапом.

Темпы роста израильской экономики в 2016 году составили 3,7% при прогнозируемых 2,7%, уровень безработицы упал до исторического минимума 4,8%, а объем инвестиций вырос на 10%, вдвое превысив прогнозы. Таковы главные экономические итоги 2016 года для еврейского государства.

Позиции Израиля в международных рейтингах остаются высокими: страна занимает второе место в мире по развитию инноваций и третье – в сфере исследований и разработок (R&D). Особо следует отметить 9 место в мире (согласно рейтингу Всемирного банка) по защите прав миноритарных инвесторов. Для сравнения: США занимают 41 место, Россия – 53, Украина – 70-е. По итогам исследования глобального стартап-рынка, первое место в десятке ведущих стартап-хабов мира заняла Кремниевая долина (77 баллов в рейтинге), второе – Стокгольм (67), третье – Тель-Авив (65). Далее расположились Нью-Йорк (64 балла), Лос-Анджелес (63), Пекин (59), Сеул (58) и Бостон (58). Уверенность в израильской высокотехнологичной индустрии демонстрируют и мировые лидеры. «Израиль – центр цифрового будущего, – заявил основатель одной из крупнейших IT-корпораций Майкл Делл. – Достижения Израиля вдохновляют весь мир, а израильские технологии каждые 5

лет улучшаются вдесятеро». В 2016 году 659 израильских стартап-компаний привлекли \$4,8 млрд. инвестиционного капитала – это абсолютный рекорд за всю историю. Сделкой года стало поглощение консорциумом китайских инвесторов за \$4,4 млрд. израильской игровой компании Playtika (Буквально на днях этот рекорд был побит – корпорация Intel за \$15,3 млрд. приобрела израильскую компанию Mobileye, специализирующуюся на разработке технологий для беспилотных автомобилей). На сегодняшний день Playtika насчитывает более 1300 сотрудников по всему миру, в том числе 300 в Украине, где у компании есть отделения в Киеве, Днепре и Виннице.

За \$1 млрд. был поглощен корпорацией Edwards Lifesciences израильский стартап Valtech Cardio, разработавший метод замены отработавшего митрального клапана на искусственный без операции на открытом сердце. Корпорация Oracle выложила полмиллиарда за израильскую компанию Ravello Systems, среди клиентов которой – Amdocs, Check Point, Deutsche Telekom и др. Сразу два израильских стартапа поглотила Cisco – Leaba Semiconductor за \$320 млн и CloudLock за \$293 млн. Приобретением израильских компаний отметились также Sony, IBM и Intel. Топ-новостью стало и привлечение основанной выходцем из СССР Шахаром Вайсером (Борисом Смирным) компанией Gett \$300 млн от Volkswagen. Сегодня сервис перевозок Gett доступен более чем в 100 городах по всему миру, а в числе корпоративных клиентов GetTaxi числятся Google, Goldman Sachs, Morgan Stanley, Hilton, Disney, Warner Music и другие компании из списка Fortune 500.

Многომиллионные инвестиции привлекли в прошлом году такие израильские компании, как Payoneer (международная платежная система), EarlySense (чье решение многократно уменьшает количество «ложных тревог» в больницах), Phinergy (разработчик уникальной металло-воздушной батареи, позволяющей проехать почти 1600 км), Interlude (ее платформу для создания интерактивного видео используют Universal, Disney, Sony и др.), Lumus (разработчик дисплеев специального назначения для шлемов в истребителях F-16 и «умных» очков для потребительского рынка) и многие другие. Бывший премьер-министр Израиля Эхуд Барак стал одним из инвесторов стартапа Reporty, разрабатывающего платформу для «умных городов» (в скобках заметим, что компания основана бывшим командиром элитного подразделения ЦАХАЛа Амиром Элихаем и экс-главой разведывательного подразделения 8200 и гендиректором министерства обороны Израиля Пинхасом Бухрисом). Ряд венчурных фондов вложил в стартап LawGeex, предложивший платформу для автоматического анализа юридических контрактов – в течение 24 часов после загрузки контракта пользователь получит детальный анализ документа с указанием его сильных и слабых сторон. Аналогичную поддержку, но уже медицинским работникам предлагает компания MedyMatch – флагманская технология анализирует в режиме реального времени результаты компьютерной томографии пациентов и выдает рекомендации лечащим врачам. Значительные средства привлек и стартап Neteera, чьи специалисты (среди которых профессор Юрий Фельдман из Еврейского университета в

Иерусалиме) разработали технологию, позволяющую выявить пьяных водителей по... запаху пота.

Один из критериев инвестиционной и технологической привлекательности страны – центры разработки крупных международных компаний, открытые на ее территории. В этом смысле 2016-й год можно назвать рекордным. В ноябре в Тель-Авиве открылся R&D-центр Mercedes-Benz, который сфокусируется, главным образом, на мобильных информационных сервисах для автомобилей, а несколькими месяцами ранее, тоже в Тель-Авиве, были созданы центр инноваций Samsung NEXT и R&D-центр группы компаний Bosch. Знаковым событием стало открытие в Израиле глобального исследовательского центра Гарвардской школы бизнеса, занимающей третье место в мире согласно рейтингу Financial Times. Особняком стоят сразу две запущенные в 2016 году инициативы, призванные исследовать... свойства марихуаны. В июле в Ришон ле-Ционе был создан национальный центр исследования марихуаны, объединивший под одной крышей все существующие теплицы, выращивающие марихуану в медицинских целях, а в сентябре стартовал Cann10 – первый стартап-инкубатор, ориентированный на компании в области медицинского каннабиса. Следует отметить, что за последние пару лет американские инвесторы вложили \$50 млн в израильские лицензии и патенты, связанные с каннабисом, например, Philip Morris инвестировал в израильский стартап Syqe.

Не секрет, что израильская индустрия инноваций ориентирована главным образом на экспорт. Крупнейшим игроком на рынке по-прежнему остаются Соединенные Штаты – именно американские венчурные фонды вкладывают миллиарды долларов в израильские стартапы. Небывалый интерес к Израилю проявляют и китайские инвесторы – более 1000 предпринимателей из Китая приняли участие в ежегодной китайско-израильской инвестиционной конференции, проходившей в Тель-Авиве в сентябре 2016 года – не даром только за последние четыре года китайские инвесторы вложили более \$15 млрд в израильские компании.

Резко активизировались отношения с Японией – NIKKEI Asia Review отмечает всплеск интереса японских корпораций к Израилю (особенно, в сферах кибербезопасности и финансовых технологий), подстегнутый поглощением Sony израильской стартап-компании Altair Semiconductor. Одна из крупнейших инвестиционных структур в мире – национальный инвестиционный фонд Сингапура Temasek – создает специальный фонд в \$150 млн для инвестиций в израильскую экономику.

Прогнозы – дело неблагодарное, но ряд трендов 2017 года уже очевидны. Во-первых, продолжится усиление роли иностранных инвесторов на израильском стартап-рынке. Во-вторых, решения, связанные с беспилотными автомобилями, становятся одними из наиболее востребованных. Экспоненциальный рост предвидится и у рынка технологий медицинского каннабиса – Израиль является одним из лидеров в этой сфере. Флагманским направлением израильской индустрии остается кибербезопасность. Международные

корпорации все чаще нанимают выходцев из израильских силовых структур для создания инновационных компаний, например, экс-глава ШАБАКа Юваль Дискин с подачи Volkswagen возглавит компанию CyMotive Technologies, разрабатывающую платформы безопасности для автомобилей следующего поколения.

Израильская индустрия инноваций продолжает испытывать кадровый голод: по разным оценкам, стране не хватает порядка 50000 IT-специалистов. Частично эта проблема будет решаться за счет интеграции представителей ультраортодоксального сектора на рынке труда. С помощью образовательных программ стартап-акселератора для ультраортодоксов KamaTech более 6000 человек смогли повысить свою квалификацию и найти работу в IT-индустрии. В качестве решения проблемы дефицита кадров многие израильские стартапы выбирают создание удаленных R&D-центров, главным образом, на постсоветском пространстве (в частности, в Украине) и странах Восточной Европы. По всей видимости, в ближайшее время к этой модели перейдет ряд израильских компаний на разных стадиях роста. В целом же, израильская индустрия инноваций демонстрирует невероятную устойчивость – с точки зрения как финансового успеха, так и динамики развития рынка.

В данном обзоре было бы не совсем корректно обсуждать исключительно китайские и израильские технологии, ведь во многих странах получены впечатляющие технологические результаты. Иногда ведущими учеными в США и других странах являются выходцы из стран бывшего СССР. Вот, например, профессор физики Иллинойского университета в Урбана-Шампань Алексей Безрядин, при теоретической поддержке профессора Дмитрия Аверина из университета штата Нью-Йорк в Стоуни-Брук разработал сверхпроводящее запоминающее наноустройство. Оно меньше по размерам, чем все известные прежде ячейки памяти и в перспективе может быть интегрировано в сверхпроводящий процессор. Предложенная схема состоит из двух нанопроводников из сверхпроводящего материала $\text{Mo}_75\text{Ge}_{25}$, которые прикреплены к двум неравномерно расположенным электродам, изготовленным методом электронно-лучевой литографии. Вместе, нанопровода и электроды образуют замкнутый асимметричный сверхпроводящий контур SQUID (Superconducting QUantum Interference Device). Направление движения тока в этом контуре – по или против часовой стрелки – определяет состояние сверхпроводящей ячейки памяти – двоичные «0» или «1». Состояние ячейки можно изменять, воздействуя переменным током определенной величины, точнее, его магнитным полем. Для считывания значения памяти ученые наращивали ток и определяли его величину, при которой исчезала сверхпроводимость. Как оказалось, критический ток различается для двух состояний памяти. Кроме того, в эксперименте тестировалась стабильность новой памяти: ученые производили считывание состояния с задержкой по времени, при этом не было зафиксировано случаев потери информации. Как указывает профессор Безрядин, такие ячейки памяти можно уменьшать в размерах до нескольких десятков нанометров без ухудшения их рабочих характеристик, характерного для

предлагавшихся прежде решений с джозефсоновскими переходами и индуктивными элементами. Если энергии двоичных состояний новой памяти близки или равны, то переключение между ними (квантовым туннелированием либо адиабатическими процессами) согласно теоретической модели, разработанной Авериным, будет происходить практически без затрат энергии. В дальнейшем, ученые планируют измерить скорость коммутации своей сверхпроводящей схемы и исследовать функциональные характеристики крупных массивов памяти, образованных из наночастиц SQUID и управляемых импульсами микроволнового излучения.

Калифорнийская компания Microfabrica разработала технологический процесс, сочетающий в себе трехмерную (3D) печать, при которой структуры формируются путем послойного нанесения материала, с технологиями, используемыми в производстве микросхем, где ионы металла наносятся на поверхность электролитическим методом. Этот процесс позволяет создавать изделия тончайшей структуры из слоев металлов толщиной всего в 5 мкм. Существующие многоструйные 3D-принтеры, распыляющие пластики через сопла, позволяют получать слои толщиной 16 мкм. При этом проблема создания деталей микроскопических размеров становится все острее по мере развития технологий – все, начиная от потребительской электроники до медицинской аппаратуры, продолжает уменьшаться в размерах. Новый метод открывает возможности создания новых типов устройств и миниатюризации существующих. В частности, по инициативе DARPA компания Microfabrica создала крошечный радиатор для охлаждения компьютерных микросхем и миниатюрный часовой механизм для боеприпасов. Кроме того, она разработала миниатюрные хирургические инструменты, в частности, щипцы диаметром меньше миллиметра для биопсии и трехмерные подложки для скаффолд-технологии, связи которых позволяют им растягиваться по мере размножения клеток.

«Мне не известны какие-либо 3D-принтеры с более широкими возможностями», – сказал Кэрл Ливермор (Carol Livermore), профессор механики и промышленной техники из Северо-Западного университета. Эта разработка стала новым шагом на пути к общедоступности современных технологий, с одной стороны, и, с другой, к переходу промышленности к новой идеологии конкуренции, которой уже давно придерживаются производители (около) компьютерной техники – заботиться больше о том, чтобы опережать конкурентов, нежели о защите все быстрее устаревающих разработок.

Ученые из Масачусетского технологического института успешно испытали первый ракетный двигатель, изготовленный из пластмассового корпуса, который полностью напечатан на 3D-принтере. Для печати ученые использовали нейлоновый материал с микроуглеродистыми волокнами, которые обеспечили двигателю дополнительную прочность и термостойкость. Во время первого испытания такой двигатель смог достичь сверхзвуковой скорости, отделившись лишь незначительными повреждениями. Отмечается, что корпус двигателя разработан только для одноразового использования, однако

ученые решили повторно протестировать свою разработку. Инженеры использовали более мощное ракетное топливо, из-за которого сопло расплавилось. Специалисты уже начали совершенствовать разработку, чтобы сделать пластиковый двигатель более надежным. В будущем ученые планируют создать пластиковый летательный аппарат. Отмечается, что принтеры, печатающие ракетные двигатели из металла стоят дорого, их ценник начинается с шестизначных цифр. Такие принтеры уже использовали SpaceX и NASA. Принтер Массачусетского технологического института «Markforged Mark Two» стоит гораздо дешевле – 13,5 тысяч долларов. Это дает возможность специалистам с ограниченным бюджетом создать ракетные двигатели. Кроме того, инженеры отметили, что разработка будет пользоваться спросом среди космических агентств, которые создают одноразовые ракеты.

Samsung Electronics объявила о начале широкомасштабного производства чипов 64-слойной флэш-памяти V-NAND объемом 256 Гб. Она предназначена для использования в устройствах хранения данных для серверов, ПК и мобильных устройств. Новая память обеспечивает скорость передачи данных до 1 Гб/с, что, как отмечают в компании, делает ее самой быстрой среди доступных модулей флэш-памяти NAND. 64-слойная V-NAND обеспечивает прирост производительности более чем на 30% по сравнению с 48-слойной памятью Samsung. Кроме того, новинка работает с напряжением 2,5 В, что обеспечивает примерно 30 % преимущество в энергоэффективности, а надежность работы новых ячеек V-NAND увеличилась на 20 %. Samsung начала пробные выпуски SSD на базе 64-слойных чипов V-NAND 256 Гб в январе для ключевых партнеров и сейчас готова представить широкий спектр решений для мобильных и потребительских устройств. К ним относятся модули встроенной памяти UFS, десктопные SSD и внешние карты памяти, которые компания планирует представить в конце этого года. Samsung намерена в этом году перевести на выпуск новых 64-слойных чипов V-NAND более 50 % своего производства флэш-памяти NAND.

Профессор химии Фернандо Урибе-Ромо (Fernando Uribe-Romo) из Университета Центральной Флориды со своими студентами разработал новый синтетический материал, который преобразует CO₂ в топливо под воздействием фотонов света. Такой материал решает сразу две проблемы: снижает количество парникового газа и дает «экологически чистое» топливо. И самое главное, что для его изготовления не нужны драгоценные металлы! Здесь используется титан, который продается килограммами – он почти в тысячу раз дешевле, чем платина или иридий. Уже много лет ученые бьются над проблемой экономически рентабельного искусственного фотосинтеза. Цель в том, чтобы эффективно использовать бесплатную энергию солнечного света для проведения химических реакций. До настоящего времени удалось использовать с этой целью высокоэнергетические ультрафиолетовые лучи, но они составляют всего 4 % спектра солнечного света. Для других частей спектра пока найдено лишь несколько эффективных материалов, но они требуют дорогостоящих добавок: платины (\$31 за грамм), рения (\$1000 за грамм) или

иридия (\$35 за грамм). Синтетический материал представляет собой металл-органическую каркасную структуру (metal-organic framework, MOF). Кстати, похожие MOF из $Zr_6O_4(OH)_4$, используются для конденсации воды из воздуха, тоже при помощи одного лишь солнечного света. Представьте, даже в самой сухой пустыне вы ставите на улицу пустую бутылку – и она сама наполняется водой.

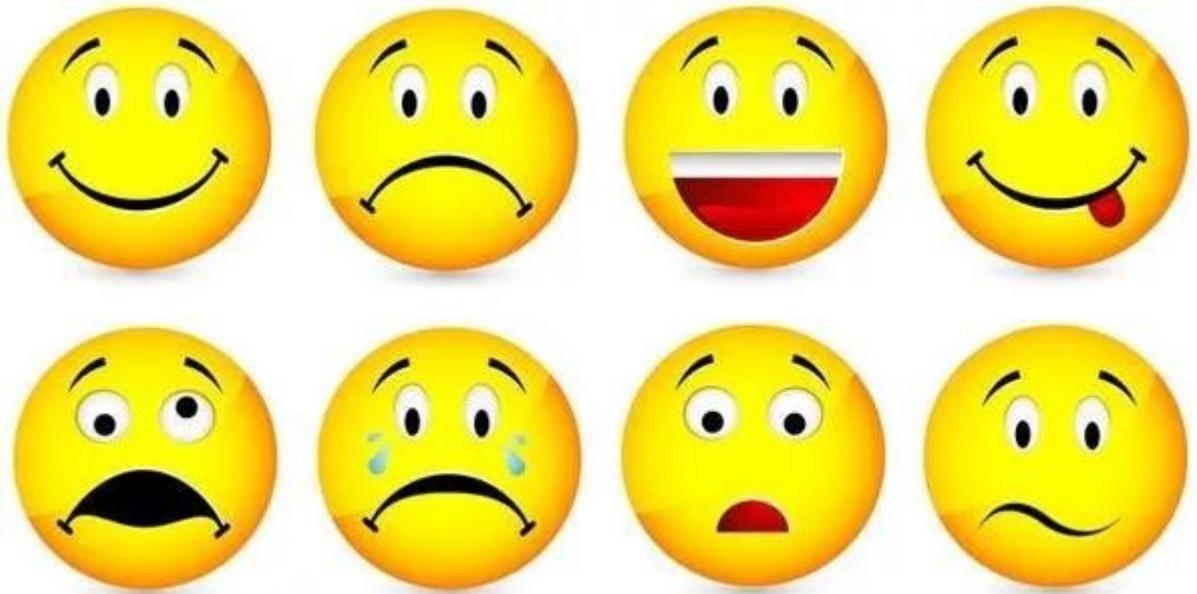
Глобальный индекс инноваций (ГИ) является ежегодным рейтингом стран по их успешности в области инноваций. Он публикуется Корнельским университетом (США), французской бизнес-школой INSEAD и Всемирной организацией интеллектуальной собственности. Согласно этому индексу Китай за год поднялся с 25 на 22 место, в то время как Россия потеряла 2 позиции, скатившись с 43 на 45 место, в то время как Украина за год поднялась с 56 на 50 место в рейтинге инновационных стран Global Innovation Index 2017.

В поступательном движении науки и техники сотрудничество между различными странами играет ведущую роль, и этим прекрасно пользуется Китай, развивая сотрудничество не только, например, с США, но и все более с Израилем, чьи новейшие технологические достижения впечатляют.

Библиографическая ссылка: Фиговский О.Л. Китай – понять и принять инновации (взаимодействие Китая и Израиля) // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 322-338

Article reference: Figovsky O.L. China – to understand and accept innovation (Interaction of China and Israel) // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 322-338

Эмоции



Когда пасмурно – грустно

Ордин С.В.
старший научный сотрудник
ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН
stas_ordin@mail.ru

Аннотация. Самопознание человека заключается не только в изучении молекул его тела и спиралей ДНК, но и самопознании его духовного состояния, которое принципиально связано с его САМОЧУВСТВИЕМ, которое не только определяется состоянием тела, но и во многом определяет здоровье людей. Неживая же наука, в частности медицина низводит индивидуума до броуновской частицы, а архаично утроенное общество низводит коллективные эффекты в человеческой среде до термодинамического поведения броуновских частиц. Модели описания погоды, отражающие не только коллективные неживые эффекты – флуктуации, но само существование жизни на Земле более созвучны как состоянию души отдельного человека, так и поведению коллективов людей.

Ключевые слова: среднестатистическое, флуктуации, гармония, дисгармония, самосознание, душевное и физическое здоровье.

When it's overcast – sad

S.V. Ordin
senior research scientist
A.F. Ioffe FTI RAS
stas_ordin@mail.ru

Annotation. Self-knowledge of man consists not only in studying the molecules of his body and DNA spirals, but also in self-knowledge of his spiritual state, which is fundamentally connected with his self-awareness, which is not only determined by the state of the body, but also largely determines the health of people. Non-living science, in particular, medicine reduces an individual to a Brownian particle, and an archaic triple society reduces collective effects in the human environment to the thermodynamic behavior of Brownian particles. Models of weather description, reflecting not only collective non-living effects - fluctuations, but the very existence of life on Earth are more in tune with the state of the individual's soul, and the behavior of human collectives.

Keywords: average statistical, fluctuations, harmony, disharmony, self-awareness, mental and physical health.

Когда пасмурно – грустно

К написанию этого небольшого эссе меня подтолкнул добрый фильм с аналогичным названием. А так как с молодости обратил внимание, что вижу часто глубже окружающих, то, как ранее узкому кругу друзей и близких после моих разъяснений становился более понятен замысел режиссёра, а иногда и то, что режиссёр затронул, но сам не совсем разобрался/понял, так и теперь, надеюсь, после моих «разъяснений» этот, кое-кому показавшийся тусклым фильм, станет виден иначе. В отличие от большинства современных фильмов, которые как бы сделаны режиссёром из детского сада, этот фильм поставлен «взрослым» режиссёром, но видимо, не всё удалось ему сделать, чтобы фильм «захватывал» и аудиторию, и призы. Так ненавязчиво, скромно, а затронута-то глубочайшая проблема организации материи в качестве ЖИВОГО, касающаяся и «физической» медицины, и психологической, и лжеПолитики, и лжеЭкономики, и ЖИЗНИ как отдельного индивидуума, так и общества людей обозвавших себя разумными, и СМЕРТИ, которая приходит к индивидуумам, так и не успевшим стать разумными, придёт и к обществу, если оно не успеет стать Разумным.

У природы, как говорится, нет плохой погоды. И если раньше её «плохость» определялась лишь «одеждой джентльмена» и духовным состоянием индивидуума, то по мере развития техники и информатики от погоды научились «защищаться», вплоть до ухода в виртуальную реальность. Но, как говорится, в Мире всё взаимосвязано, и от себя самого не «защитишься». А реальная погода как раз и демонстрирует возможные психологические состояния и души, и человека, и общества. Даже терминологически состояние души описывается погодными явлениями: пасмурно-светло, безоблачно-мрачно, душевное спокойствие-буря. Всё это коллективные эффекты (колебания, квазичастицы) состояния, казалось бы, совершенно разных сред: атмосферы и нейронов в голове индивидуума. И эти возможные состояния просто не могут не отражаться на работе головы по управлению нашим телом. И если мы ещё не в состоянии «исправлять» собственный БИОС и собственные виртуальные устройства, чтобы процессы на клеточном уровне шли «правильно», то промежуточное «творческое» состояние (явления следующего масштаба – коллективные) исправлять или, наоборот, крушить, уже во многом, научились. Как можно, используя эти коллективные эффекты, разрушить даже СССР, показали перестройщики. А как исправлять?

Один из героев этого фильма, врач-онколог, лечивший опухоль мозга у талантливой молодой пианистки и девочки, с которой парень в клинике сблизился, сказал: «Меня, опытного специалиста, верящего в хирургию, этот мальчик убедил, что нота может заменить скальпель. И я, человек, который должен запрещать в стенах онкологической клиники проводить не медицинские мероприятия, прошу Вас помочь организовать сыну исполнение третьего концерта Рахманинова в клинике, чтобы спасти девочку, которой химиотерапия не помогла». Наверное «умники», не сталкивавшиеся как я с беспо-

мощностью официальной медицины и наивно верящие в детсадовские утверждения минздрава (от врачебных ошибок смертность намного опережает смертность от курения, но я не пропагандирую запрет на официальную медицину), наверняка, сочтут это пожелание хирурга бредом – то, что не умещается в скудный, заполненный эрзацами умишко «цивилизованных» невеж, они считают, бредом.

Но сейчас уже сформировались целые направления в медицине для индивидуумов типа арт-терапии, томатис-терапии – в сети не проблема найти диски с убаюкивающей и расслабляющей музыкой, переводящей в состояние нирваны. В лжеПолитике уже давно используется кашпировщина. «Написан» и язык, на котором дают «научное» обоснование этим методам. Но эти обоснования не более, чем описание эмпирических методов, которые, по определению, работают в узкой области рабочих параметров и, естественно, дают иногда эффект (не гарантированный, а иногда и отрицательный). Сами того не осознавая, эти «обоснователи» пытаются исправлять живую природу, как совокупность принципиально неразличимых частиц. Это же можно сказать и о современном состоянии генетики. Гигантские достижения в деталях по большому счёту «дикой» генетики уже привели к массовому увлечению недоучившихся учёных в выращивать уродцев-животных. Это духовное омертвление части обывателей уже висит в виде роликов во всемирных новостях.

Вот почему для исправления живой природы «живыми» методами и нужно разрабатывать фундаментальные законы физики принципиально различимых частиц. И если на элементарном уровне такие законы пока сформулировать трудно, то заменой статистической термодинамики для неживых частиц как раз и являются модели Погоды, которые-то и для самой Погоды нуждаются в качественном реформировании. К примеру, даже чисто технически, во всём мире метеорологи сообщают лишь о направлении ветра в «плоскости» (земной поверхности), не учитывая иногда определяющую, как во время шквала в Москве, вертикальную составляющую. Но качественно, как видно даже из разницы, казалось бы, одной и той же погоды в деревушке и рядом расположенном громадном городе: в деревне каждое отдельное облачко, проходя над тобой, задаёт своим размером быстрые колебания погоды, тогда как масштаб скученных городских строений сам часто дробит и «усредняет» облака и дождевые пятна.

Но главное, в своих прогнозах метеорологи не учитывают «живость» погодных явлений, а для души-то человека это определяющее. И именно в деревне, присев отдохнуть в кресло под лапами пятидесятилетней ели и глядя из-под неё в небо, и видишь, и чувствуешь эту живость погоды, тогда как в городе её воспринимаешь на уровне сухих, неживых цифр. Без всякой мистики, выезжая на природу, люди заряжаются жизнью. В дополнение к физическому восстановлению простым деревенским трудом, которое не даст никакой спортивный зал. Иногда, с удовольствием помахав косой, потом с жалостью смотришь не только на хилых горожан, но и на сельчан, которые не меньше времени, чем я, тратят в чаду бензокосилки. Разумное использование

техники, скажем на безбрежных (ранее) полях Кубани, становится неразумным на нескольких сотках и прямо отдаляет человека от живой Природы, прямо сокращает его ЖИЗНЬ неразумную. И чтобы этого не произошло и надо, чтобы в душе звучала музыка Рахманинова, какофония, в которой присутствует «живая» нить.

Библиографическая ссылка: Ордин С.В. Когда пасмурно – грустно // НБИКС: Наука.Технологии. 2017. Т.2, №2, стр. 340-343

Article reference: Ordin S.V. When it's overcast – sad // NBICS: Science.Technology. 2017. Vol. 2, No. 2, pp. 340-343

Законы Мэрфи в картинках (художник Е. Никифорова)



Из прогресса в прошлом
вырастают проблемы в будущем.



Если какая-нибудь неприятность
может произойти,
она обязательно случится.



Само собой напрашивающийся вывод
становится таковым только после того,
как он сделан.



Если истина слишком
неприятна или неожиданна,
в нее отказываются верить.

New and Bestselling Lecture Notes and Books on NBICS - Technologies

