

Desigur, fiecare medic este profund impresionat de orice gen de manifestări ale aprecierii muncii sale — diverse semne de atenție, — mulțumiri, felicitări cordiale etc.

Dar este binevenit să ne reamintim din când în când aforismul preferat al faimosului chirurg și profesor rus Wilhelm Grube: „Nu vă bucurați, atunci când sunteți lăudat, și nu vă faceți griji, atunci când sunteți criticați, pentru că pe parcursul vieții nu o dată veți fi lăudat nejustificat și criticați pe nedrept...”

Concluzii:

Sistemul învățământului superior stomatologic are tradiții și particularități, formate și verificate pe parcursul a foarte mulți ani. În R.Moldova el a împlinit de curând frumoasa vârstă de 50 ani.

Nu există motive rezonabile pentru a schimba din talpă această structură, în special pe motiv că domeniul educației stomatologice nu este menționat în nici unul din documentele procesului de la Bologna.

Reieșim din faptul, că profesorul trebuie să ofere informații autentice și corecte, prezentate într-un mod logic, la un nivel și volum necesar, în conformitate cu programul de studii, evidențiind cele mai importante și complexe detalii, formând algoritmi de comportament profesional, demonstrând aplicarea în practică a materialelor și tehnicilor stomatologice.

Noua realitate tehnologică și digitală bucură prin oportunități neașteptate de utile în universul educației și culturii, inclusiv — a celor de popularizare și de pro-

movare a succeselor școlii noastre moldovenești — în special, în stomatologie.

Considerăm că implementarea inovațiilor poate da un nou impuls răspândirii cunoștințelor moderne de stomatologie terapeutică și ajuta la dezvoltarea competențelor de bază. Acest lucru permite eliminarea unor așa bariere, precum caracterul abstract al cunoștințelor dobândite, nesiguranța tinerilor medici ce fac primii pași de sine stătător în managementul pacienților de profil stomatologic etc.

Bibliografie

1. Preston J. Computers in dental education. J. Calif Dent Assoc. 1997; 25 (10): 729-33.
2. Shellhart C, Oesterle L. Assessment of CD-ROM Technology in Classroom Teaching. J Dent Educ. 1997; 61(10): 817-820.
3. Buchanan J. Use of Simulation Technology in Dental Education. J Dent Educ. 2001; 65 (11):1225—1231.
4. Wright D. Interactive multimedia dental education: the next five years and beyond. Medinfo. 1995; 15: 1305-7.
5. Baciuc Gh. Optimizarea procesului de studiu la disciplina medicină legală, CURIERUL MEDICAL, Nr.1 (301), 2008.
6. Why study Medicine, Dentistry or Pharmacy in Romania? http://www.studymedabroad.com/pag/study_in_ro.html
7. Florea Șt. Exodul de creieri ar putea fi stopat? „Pro-diaspora”, aprilie 2010
8. Lungu D. Ce trebuie să faci pentru recunoașterea diplomei de studii. „Pro-diaspora”, aprilie 2010
9. Tintuc D., Lavric Al. Abordări contemporane cu privire la autoinstruire și instruire postuniversitară la distanță în domeniul sănătății publice și managementului. Buletinul Academiei de Științe a Moldovei /științe medicale/, 4/(23)2009

БИОНИКА — НАУКА О ФОРМООБРАЗОВАНИИ В ПРИРОДЕ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. СООБЩЕНИЕ I.

Александр Постолаки
Доктор медицины

Кафедра
ортопедической,
хирургической
стоматологии и
имплантологии
ГУМиФ
«Н. Тестемичану»

Резюме

Данная статья посвящена истории возникновения бионики, которая в начале XXI века оказалась в авангарде научно-технической мысли, определяя перспективы развития многих областей наук, в том числе медицины.

Abstract

BIONICS — THE SCIENCE OF MORPHOGENESIS IN NATURE. REVIEW OF THE LITERATURE. REPORT I.

This paper is devoted to the history of bionics, which in the early twenty-first century, is a forefront of scientific thought, identifying prospects of development of many areas of science, including medicine.

Key-words: bionics, morphogenesis, nature

Природа создает свои творения с максимальной эффективностью. Оригинальность, необычность, безупречная точность и экономия ресурсов, с которой природа решает свои задачи просто не может не вызывать восхищения и желания хоть в какой-то мере скопировать эти удивительные вещества и процессы [1,2,3]. С древних времен природа служила главным источником вдохновения для человека в его стремлении к научному и техническому прогрессу. Но еще в греческой мифологии указывалось на опасность слепого ко-

пирования природы: когда Икар поднялся к солнцу на крыльях, сделанных из перьев и воска, он тут же упал в море, так как палящие солнечные лучи растопили воск. Несмотря на примитивность и наивность большинства таких попыток в прошлом они помогли человеку понять необычайную сложность и разнообразие биологических систем и стимулировали активную разработку ряда важнейших биологических проблем. Лишь после того как были частично поняты основы динамики полета, человеку удалось полететь [4]. Мир живой материи и мир неживой материи в таком виде, как он известен в настоящее время, имеют приблизительно одинаковый возраст — 2-4 млрд. лет. В течение всего этого времени, растения и животные развивались, разнообразились и приспосабливались к всевозможным изменениям окружающей среды. На протяжении многих миллионов лет эволюционного развития и естественного отбора в живых организмах выработались весьма тонкие и совершенные механизмы процессов обмена веществ, преобразовании энергии и информации. Пример исключительного совершенства, гибкости и экономичности являют собой механизмы кодирования, накопления, хранения и передачи по наследству информации в живых организмах. Важнейший фактор устойчивости и надежности структур живых организмов заключается также в их непрерывном обновлении благодаря процессам обмена веществ, вследствие чего происходит постоянное разрушение и созидание [5,6,7,8].

Можно указать на удивительные механизмы ориентации некоторых живых организмов в пространстве, например пчел, голубей и рыб, а также и на множество других примеров в природе, которые не имеют пока никаких научных объяснений. Например, ряд слышащих насекомых реагируют на звуковые колебания, амплитуда которых соизмерима с диаметром атома водорода. Искусство пчел строить свои ульи стало хрестоматийным [9]. Менее известно умение пчелы-листореза строить свои ячейки из листьев, очень тонко вырезая из них выкройки (стенки, донышко, крышку), причем не кое-как, а правильной формы, соответствующей назначению. Есть и другие пчелы, которых называют каменщицами. Они искусно строят свои гнезда из смеси песка и земли, армированной мелкими камешками, замешивая раствор на собственной слюне. Высказаны предположения, что некоторые виды бабочек обладают механизмами электромагнитной ориентации и что использование электрических и электромагнитных явлений с целью ориентации распространено в животном мире гораздо шире, чем это считали раньше. Исследование этих механизмов для использования познаний о них при разработке и конструировании различных технических устройств и является содержанием относительно нового направления в науке — бионики [1,7,10,11]. Бионика — слово не новое; много лет назад бионикой называли ты

область науки, которую сейчас называют гистологией. В то время в это слово вкладывали тот же смысл, который составляет главную суть сегодняшней бионики: познание единицы живого [3].

Бионика (от греч. βίον — *элемент жизни*, буквально — *живущий*) — прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть формы живого в природе и их промышленные аналоги. Различают:

- *биологическую* бионику, изучающую процессы, происходящие в биологических системах;
- *теоретическую* бионику, которая строит математические модели этих процессов;
- *техническую* бионику, применяющую модели теоретической бионики для решения инженерных задач. Бионика тесно связана с биологией, физикой, химией, кибернетикой и инженерными науками: электроникой, навигацией, связью, морским делом и другими.

В англоязычной и переводной литературе чаще употребляется термин биомиметика (от лат. bios — *жизнь*, и mimesis — *подражание*) в значении — подход к созданию технологических устройств, при котором идея и основные элементы устройства заимствуются из живой природы. Одним из удачных примеров биомиметики является широко распространенная «липучка», прототипом которой стали плоды растения репейник, цеплявшиеся за шерсть собаки швейцарского инженера Жоржа де Местрала. Появление кибернетики, рассматривающей общие принципы управления и связи в живых организмах и машинах, стало стимулом для более широкого изучения строения и функций живых систем с целью выяснения их общности с техническими системами, а также использования полученных сведений о живых организмах для создания новых приборов, механизмов, материалов и т. п. [2,3,4,5,8,10,11].

Недолгая история бионики как науки начинается где-то в 1951 году. В это время научно-исследовательский отдел Военно-морского министерства США приступил к изучению живых организмов как биологических моделей в надежде найти какие-то новые принципы для разработки механических и электронных систем для флота. Эта первая программа, известная как исследование биологической ориентации, разрабатывается до сих пор. *Сам термин биомиметика (или бионика) ввел в употребление в 1958 году американский ученый Джек Э. Стил. Данный термин был впервые официально принят на первом конгрессе по бионике, состоявшемся в 1960 году в Дайтоне (США), который официально закрепил рождение новой науки [1,4].*

Бионика получила в настоящее время довольно широкое распространение и приобрела важное

значение в подготовке студентов. Большой интерес к бионике обусловлен значительной практической направленностью этой науки, изучающие принципы построения и функционирования биологических систем прежде всего с целью создания новых машин, приборов, механизмов, строительных конструкций и технологических процессов, характеристики которых были бы столь же совершенными и высокоэффективными, как в живых процессах. Одна из целей бионики и состоит в том, чтобы ускорить процесс поиска оптимальных конструкций, обратив внимание конструкторов в самом начале проектирования на некоторые аналоги, наблюдаемые в живой природе. Но крайне ограничено число фундаментальных изобретений, которые можно было бы использовать в качестве учебных пособий [5,10]. Про бионику говорят, что она в известном смысле перебрасывает все мосты от биологии к технике. Действительно, основным назначением бионики является обслуживание тех или иных запросов техники путем использования идей, заимствованных у биологии. Ряд идей биологии издавна используется в сельском хозяйстве и в медицине. В качестве основной задачи такого использования называют заимствование принципов и методов. В биологии задолго до появления бионики было известно о многочисленных полезных механизмах связи, управления, перемещения и др. Хотя эти механизмы всегда казались интересными и полезными, практически не велось никаких работ по внедрению их в технику. Технологический прогресс во второй половине XX века открыл огромные возможности для реализуемости самых смелых идей. И, наконец, неуклонный прогресс техники ставит все новые, все более высокие требования перед инженерной мыслью, и, будучи не в силах в ряде случаев справиться с поставленной трудной задачей, инженер вынужден обращаться в «патентную кладовую» природы, почти так же, как он привык обращаться к патентам и лицензиям научно-технических библиотек и архивов. Однако пока что таких «патентных» указателей нет, купить их не у кого, и исследователям еще предстоят годы упорного труда, прежде чем многое из того, что достигнуто в природе, станет известно с точностью до инженерного описания принципа действия, способа, метода и т. д. Даже сейчас, когда нам известно довольно много об изобретательности живой природы, хотя и очень мало о существовании этих «изобретений», можно предположить, что перечень «патентов» живой природы будет очень и очень велик [2,3,5,6,8,9,12].

Надо сказать, что человек тоже стал объектом бионических исследований. В бионике очень серьезное внимание уделяется центральной нервной системе, структурам головного мозга человека, особенностям механизмов психики, работе анализаторов человека (зрительного, слухового и др.). В этом отношении человек с его способностью к тончайшему анализу и синтезу явлений

и присущими его нервной системе эффективными способами переработки информации стоит на значительно высокой ступени, чем самые совершенные кибернетические машины. Другое важное преимущество живых организмов перед кибернетическими машинами заключается в значительно более гибких и совершенных устройствах восприятия внешней информации. Третье важное достоинство человека и других живых организмов по сравнению с техническими кибернетическими системами заключается в значительно более высокой надежности. Бионическое исследование человека тесно смыкается с исследованиями, которые издавна проходят в рамках других наук — психологии, физиологии, инженерной психологии [3,4,5,6,7,10]. Следует также указать на исключительную сложность и целесообразность всевозможных химических процессов в органической природе, на изумительно точные и гибкие системы саморегулирования температуры тела, кровяного давления, состава крови и других показателей, на экономичные способы преобразования химической энергии в механическую в мышечных тканях и др. Поэтому многие положения биомеханики, биофизики и биохимии базируются на общих законах механики, физики, химии, которым подчиняется все живое и неживое в окружающем мире. Поэтому неудивительно, что количественное — в широком смысле этого понятия — сходство процессов связи и управления, протекающих в живых организмах и автоматических системах, привело к поискам общих законов, справедливых как для тех, так и других [2,3,4,5,6]. Таким образом, главное содержание бионики — изучение тех приемов, к которым прибегает природа для решения различных задач, а конечная цель — воплощение их в виде инструментов и приборов. Бионика рассматривает широкий круг задач связанных с построением механических систем. Инженеры надеются, что знание принципов биомеханики полетов птиц, плавания рыб, и морских животных позволит создать принципиально новые технологии, инструменты, приборы и аппараты, так как все биологические управляющие системы неоспоримо превосходят технические устройства с точки зрения миниатюрности своих элементов и экономичности их работы. Конструкторы бионических систем стремятся получить компактные, очень надежные, высокоэффективные, приспособляющиеся к изменению внешних условий технические устройства [5,12,13,14,15]. Возможно, что очень часто люди, сталкиваясь с новой для них задачей, находили решение, не отдавая себе отчета в том, что оно подсказано живой природой. Ученые обратили внимание на то, что в конечном итоге люди при сооружении заводских труб пришли к тем решениям, которые давно известны в растительном мире планеты. Оказалось поразительным сходство распределения сечений и материала в заводской трубе и некоторых ви-

дов тростника, сходства принципа армирования стенок трубы и стебля. Одна из целей бионики и состоит в том, чтобы ускорить процесс поиска оптимальных конструкций, обратив внимание конструкторов в самом начале проектирования на некоторые аналоги, наблюдаемые в живой природе [5,10,16,17,18,19,20,21,22,23]. Известно, что паутина прочнее и легче, чем сталь, однако ученые из Института Микроструктурной Физики Макса Планка в Германии еще больше усилили ее свойства, увеличив прочность паутины в 3 раза. Для этого они добавили в паутину немного металла. Технология может быть полезна в производстве сверхпрочной ткани и медицинских материалов. Для того чтобы придать новые свойства паутине, ученые добавляли в нее небольшое количество цинка, титана или алюминия. Исследователи в своей работе воспользовались методом, так называемого атомно-слоевого осаждения (ALD) [24].

Бионика в широком смысле слова, как уже говорилось, имеет дело с самыми разнообразными характеристиками живых организмов, переносимыми в технические системы, включая характеристики вещественных, энергетических и информационных систем. Необозримо велик круг задач бионики, которые связаны с исследованием рецепторов. На основе бионического подхода ведутся разработки по созданию миниатюрных нейроноподобных элементов, которые станут основным функциональным и структурным узлом разнообразных бионических систем [25]. Чаще всего аналоги нейронов создаются не в качестве самоцели, а для использования их в сложных системах обработки информации, например аналогов органа слуха. В зависимости от назначения системы и ее устройства в целом могут подходить те или иные схемные решения [10]. Бионические исследования достоверно показали, что наряду с широко известными пятью органами чувств в живой природе, существует большое число механизмов восприятия, в которых сигнальную нагрузку несут самые различные виды энергии — от тепловых излучений до электромагнитных полей. Можно с большой уверенностью утверждать, что одиночная клетка — это биофизическая система, проявляющая большое число физических взаимодействий механической, электрической, оптической и другой формы. Живые ткани обладают собственным электричеством, известно с XVIII века, из опытов Луиджи Гальвани и Алессандро Вольты. Биоэлектричество помогло бы помочь в исследовании физиологии человека и животных, но уступило место оптическим методам. Как отмечается, микроскоп открыл быстрый и легкий доступ к тканям и клеткам; по сравнению с биоэлектрическими методами с микроскопом не нужно ломать голову над тем, что именно мы видим и что все это значит. Сейчас интерес к электрическим свойствам организма начинает вновь расти. Исследователи из Вашингтонского университета

(США) обнаружили собственный электрический заряд у аорты, крупнейшей артерии нашего тела. Заряд организован таким образом, что электрическое поле направлено из сосуда наружу. При этом направленность поля аорты может меняться под влиянием внешнего электрического поля. Переориентация под действием поля внешнего есть характеристика сегнетоэлектриков (или ферроэлектриков). Сегнетоэлектрические свойства обычно присущи искусственным материалам — к примеру, жидким кристаллам, используемым в дисплеях, но у живых тканей до сих пор не обнаруживались [26,27].

Все живое имеет клеточную структуру: от простейших одноклеточных организмов до высших животных и человека. В этом смысле живые клетки можно назвать «кирпичиками», из которых складываются самые причудливые и сложные органы животных. Специализация клеток для выполнения различных функций привела к появлению значительных структурных различий между тканями. Организм высокоорганизованного животного состоит из огромного числа клеток разного типа и специализации для выполнения разнообразных функций, что и привело в филогенезе к появлению значительных структурных различий между тканями. Однако, если заглянуть внутрь клетки, то нетрудно убедиться, что структура и функции «кирпичика» настолько сложны, что само по себе исследование отдельной клетки требует комплексного подхода биофизиков, биохимиков и ряда других специалистов, и сколько бы не исследовалась клетка, будут оставаться и трудные вопросы, и неразрешимые проблемы. Живая клетка поистине неисчерпаема. Положение осложняется еще и тем обстоятельством, что в ходе эволюции осуществлялась специализация клеток, каждая из которых теперь выполняет теперь только свои, специфические функции, а из этой специфики функционирования вытекает и своя, присущая только этой клетки структура. Клетка содержит сотни разных белков. В некоторых клетках встречаются белки, свойственные только ей. Принято считать, что огромные (в масштабах микромира) белковые молекулы составляют те основные детали, из которых складывается основная структура клетки. Но и сами белковые молекулы имеют очень сложную структуру, без знания которой трудно определить функции молекулы. Многие механизмы клетки, обнаруженные исследователями в ходе прямых наблюдений или умозрительных построений, все еще не имеют общепринятой трактовки и носят характер гипотез, предположений [28,29].

В процессе эволюции биологические молекулы приобрели свойства, которые делают их весьма привлекательными для применения в нанотехнологиях. Во-первых, следует отметить химическое многообразие биологических «кирпичиков» (аминокислот, липидов, нуклеотидов).

Во-вторых, они склонны к спонтанному образованию сложных пространственных структур. В-третьих, регулируемая сборка «строительных блоков» может идти различными путями, что открывает возможность создания самых разных наноконструкций. В настоящее время существуют две стратегии создания наноконструкций, но, независимо от того, какая из них выбрана, структуру материалов на основе нуклеиновых кислот можно контролировать с молекулярной точностью:

1) **Конструирование «шаг за шагом».** Этот подход, основанный на последовательной модификации исходной молекулы двухцепочечной нуклеиновой кислоты или синтетического полинуклеотида, был теоретически обоснован в 1982 году в работе американского химика Неда Зимана. Практическое применение наноконструкций во многом связано с «гостями» — молекулами или атомами, которые встраиваются в состав исходных цепочек ДНК либо в уже готовую структуру. На этой основе можно сделать биодатчики, которые регистрируют определенные вещества, узнающие молекулы «гостей». Кроме того, если удастся осуществить трехмерное упорядочение единичных наноконструкций (кристаллизацию), то не исключено, что можно будет закристаллизовать внутри них соединения, которые плохо кристаллизуются в обычных условиях. Изучение механизма роста кристаллов необходимо для решения множества практических задач, поскольку законы роста у неорганических и органических кристаллов одни и те же [28]. Наноструктуры могут выступать в качестве носителей генетического материала или введенных в их состав биологически активных соединений. Когда «нанопосылка» попадает в клетку, скрепляющие конструкцию наномостики разрушаются и содержимое, например молекулы антибиотика, высвобождается;

2) **Конструирование по типу «все сразу».** Стратегия создания наноконструкций, содержащих двухцепочечные молекулы нуклеиновых кислот позволяет получить упорядоченную трехмерную структуру за один прием, и основан он на использовании не единичных молекул нуклеиновых кислот, а их жидкокристаллических дисперсий. Прежде чем приступить к его описанию, скажем несколько слов о жидких кристаллах. В конце XIX века германский физик О. Леман (Otto Lehmann) и австрийский ботаник Ф. Рейнитцер (Friedrich Reinitzer) обратили внимание на то, что некоторые аморфные и жидкие вещества отличаются весьма упорядоченной параллельной укладкой удлиненных по форме молекул. Позже по степени структурной упорядоченности им присвоили наименования жидких кристаллов. Различают смектические кристаллы — они характеризуются послойной укладкой молекул нематические — с хаотически смещенными параллельными осями, вдоль которых расположены удлиненные молекулы и еще холестерические, у

которых направление ориентации молекул в последовательных слоях меняется по спирали. Происхождение термина «холестерик» связано с тем, что первые изученные жидкие кристаллы с такой закруткой состояли из производных холестерина. Как правило, кристаллы-холестерики получают из соединений с ярко выраженной анизотропией — неодинаковостью свойств по разным направлениям (например, со спиральной структурой или с оптической активностью). Именно такими свойствами обладают, как известно, ДНК и РНК, от природы закрученные в двойную спираль. Можно сказать, что стремление к спиральной холестерической упаковке — «врожденное» свойство их молекул. Они по структуре близки к нематическим, но отличаются большей подвижностью молекул. Таким образом, жидкий кристалл в самом простом случае представляет структуру, состоящую из упорядоченных молекулярных слоев, которые все же сохраняют некоторые диффузионные степени свободы, характерные для поведения молекул в жидком растворе. В конце 60-х годов прошлого века американская корпорация RCA (Radio Corporation of America) начала проводить первые серьезные исследования по использованию особенностей нематических жидких кристаллов в целях визуального отображения информации [30,31,32,33].

Современное состояние и тенденции развития нанотехнологий дают повод для оптимизма относительно кибернетической наномедицины. Разработаны и уже производятся наноматериалы для искусственных протезов конечностей с хорошей адгезией к живым тканям. Детально разработаны наноустройства, способные выполнять определенные медицинские операции; разработано программное обеспечение для моделирования поведения нанороботов в теле человека. Медицина уже имеет в своем арсенале наночастицы (в первую очередь на основе кремния), которые содержат лекарства и могут доставлять их в клетки. Растянутая во времени, контролируемая доставка лекарственных средств точно к месту назначения внутри организма вызывает неподдельный интерес как у исследователей, занятых экспериментальной медициной, так и у практикующих врачей. Ряд прогнозов говорят о том, что применение нанороботов станет наиболее эффективным направлением медицины. По прогнозам российских экспертов через 10 лет мировой рынок нанотехнологий достигнет триллиона долларов и превзойдет рынки, связанные с электроникой, медициной, химией, энергетикой [29,34].

Многое из всего того, что изобретено человеком, в той или иной степени заимствовано у живой природы. Важнее другое — в живой природе еще очень много интересного, пока не используемого в нашей жизни, и умение увидеть это интересное, понять его и заимствовать в своих делах — это и составляет основную задачу бионики. Она нахо-

дит все большее применение в биологии и медицине для исследования физиологических, в частности генетических, процессов, для диагностики заболеваний, для замены (во время операции или болезни) внутренних органов саморегулирующимися устройствами, а также для протезирования [35,36,37,38,39,40].

Библиография

1. Что бы это значило? Биомиметика (бионика). <http://neobulus.livejournal.com/338890.html>. — 2012.
2. Возможное и невозможное в кибернетике. Сб. статей. — М.: Изд-во «Наука». — 1964.
3. Мак-Каллок У. «Подражание одним форм жизни другим формам — биомимезис». Проблемы бионики. Биологические прототипы и синтетические системы. — М.: Изд-во «Мир». — 1965. — с. 550-557.
4. Мартека В. Бионика (пер. с англ). — М.: Изд-во «Мир». — 1967 — 141 с.
5. Крайзмер Л.П., Сочивко В.П. Бионика, изд. 2-е перераб. и доп. — М.: Изд-во «Энергия». — 1968. — 112 с.
6. Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная. Сборник. — М.: Изд-во «Наука». — 1968. — с. 5-6.
7. Тринчер К. Термодинамические загадки живой природы. Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная. Сборник. — М.: Изд-во «Наука». — 1968. — с. 76-86.
8. Владимиров В. Дирижабль — раковина. Юный техник. — 1970. — № 11. — с. 24-26.
9. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. — М.: «Московский рабочий», 1973. — с. 210-220.
10. Бионика. Биологические аспекты (под общей ред. Решодько Л. В.). — Киев, изд. объединенное «Вища школа». — 1978. — с. 3-31.
11. Лебедев Ю. С. Архитектурная бионика. — М.: Стройиздат, 1990. — 269 с.
12. Кузина С. Биомиметика — жизнь дарит ученым идеи. <http://bio.fizteh.ru/student/biotech/2003/biomimetika.html>. — 2006.
13. «Нанотехнологии. Азбука для всех». — М.: Изд-во «Физмат. лит.». — 2007.
14. Биомиметика: учимся у природы. <http://blogs.pcmag.ru/node/218>. — 2008.
15. Общие сведения о бионике. <http://stoneholdbooks.com/>. — 2010.
16. Biomimetics <http://comgeres.com.br/cont/2011/03/a-ciencia-biomimetica/>. — 2011.
17. Биомиметика: Как человек имитирует божественную природу и животный мир. <http://www.harunyahya.ru/ru/works/102386/>. — 2012.
18. Тема 6. Биологическое формообразование в архитектуре и инженерии. <http://abc.vvsu.ru/Books/arhitektonika/page0009.asp>. — 2012.
19. Бионика. <http://chernykh.net/content/view/113/>. — 2012.
20. Barthelat F. Nacre from mollusk shells: a model for high-performance structural materials. *Bioinspir. Biomim.* 5. — 2010.
21. Смирнов Е. А. Нанотехнологии термитов http://www.nanometer.ru/2010/04/13/biomimetika_212361.htm.
22. Сафин Д. Метаматериалы позволяют имитировать прочное сцепление лапок геккона с поверхностью. <http://science.compulenta.ru/655589/>. — 2012/
23. Плотоядное растение помогло создать самоочищающуюся пленку. <http://zhelezyaka.com/news.php?id=5831>. — 2011.
24. Ученые сделали паутину прочнее. <http://zhelezyaka.com/news.php?id=3085/>. — 2009.)
25. Ализар А. Нанотехнологии вдохнули новую жизнь в бионику. <http://www.cnews.ru/reviews/index.shtml?2003/10/24/150716>. — 2003.
26. Стасевич К. Электрические свойства аорты помогут лечить атеросклероз. <http://science.compulenta.ru/658130/>. — 2011.
27. Yuanming L., Yanhang Z., Ming-Jay Chow M.-J., et al. Biological ferroelectricity uncovered in aortic walls by piezoresponse force microscopy. <http://prl.aps.org/accepted/L/e4075Y7cZ8d16437e02024b83bf5c32a6846c48da>. — 2012.
28. Ковалев И. Трубы из крыльев бабочек. Наука и жизнь. — 2005. — № 9. <http://www.nkj.ru/archive/articles/1729/>.
29. Будущее медицины: Биотех или нанотех? Наука и жизнь. — 2005. — № 2. <http://www.nkj.ru/archive/articles/815/>.
30. Яминский И. Кристаллы из белка. Наука и жизнь. — 2004. — №1. <http://www.nkj.ru/archive/articles/5019/>.
31. Меркулов Д. Магия жидких кристаллов. Наука и жизнь. — 2004. — № 12. <http://www.nkj.ru/archive/articles/1035/>.
32. Евдокимов Ю. Нуклеиновые кислоты, жидкие кристаллы и секреты наноконструирования. Наука и жизнь. — 2005. — № 4. <http://www.nkj.ru/archive/articles/604/>.
33. Ученые впервые запечатлели анатомию молекулы. <http://www.membrana.ru/particle/14065>. — 2009.
34. Нанотехнологии стали приоритетом правительства. <http://old.nanonewsnet.ru/>. — 2006.
35. Иванов Р. Представлена новая имплантируемая система доставки лекарственных препаратов. <http://science.compulenta.ru/658402/>. — 2012.
36. Бородинов Н. С. Механические свойства мышц: биомиметический подход. http://www.nanometer.ru/2010/06/16/biomimetika_214501.html.
37. Шувалов С. В. Коллаген — всего лишь каркас!? http://www.nanometer.ru/2010/10/27/12882020861086_220062.html.
38. Липов А. Н. У истоков современной бионики. Биоморфологическое формообразование в искусственной среде. Полигнозис, 1-2(38), 2010 <http://www.polygnosis.ru/default.asp?num=6&num2=510>.
39. Лернер Э. Биомиметика в нанотехнологиях. <http://nlo-mir.ru/tech/1860-biomimetika-v-nanotehnologijah.html>. — 2011.
40. Создан прототип биологического компьютера. <http://www.membrana.ru/particle/12593>. — 2008.
41. Попов Л. Медицинские нанороботы осваивают язык живых клеток. <http://www.membrana.ru/particle/984>. — 2004.