

Индивидуальный итоговый проект

на тему:

«Бионика – технический взгляд на живую природу»



Выполнил: обучающийся 9-а класса

Брейнерт Максим

Руководитель: учитель географии

и биологии Бараболя И.В.

с. Подовинное

2024-2025

Содержание

Введение.....	3
1. Что такое бионика?.....	5
1.1 Понятие бионика.....	5
1.2 История создания науки.....	5
1.3 Мудрая природа.....	6
1.4 Бионический подход.....	6
1.5 Основные направления работ в бионике.....	7
1.6 Основные направления бионики.....	7
2 Практическая часть.....	10
2.1 Современные открытия, «подсмотренные» у природы.....	10
2.2 Анализ полученных знаний по предмету биология и собственного жизненного опыта.....	1
2	
Заключение.....	1
5	
Список литературы.....	16

Введение

Актуальность:

Ещё в глубокой древности мысль человека искала ответ на вопрос: может ли человек достичь того же, чего достигла живая природа? Сможет ли он, например, летать, как птица, или плавать под водой, как рыба? Сначала человек мог только мечтать об этом, но вскоре изобретатели начали применять особенности организации живых организмов в своих конструкциях.

Человек и сегодня, снова и снова обращается за знаниями к природе. Это связано с тем, что люди со временем стали подмечать много преимуществ в творениях природы перед своими техническими изобретениями. Ведь у живой природы наиболее сложные материалы, устройства и процессы по сравнению со всеми творениями человечества. Вот люди и стали больше наблюдать за окружающим миром и находить в нём необходимые для человека полезные вещи.

Мне стало интересно узнать, какая наука помогает людям делать новые изобретения, приоткрывая тайны природы? Какие изобретения, *«подсмотренные у природы»* мы используем в своей жизни.

Цель моей работы: изучение науки бионики, как науки, выявляющей особенности строения и функционирования отдельных представителей животного и растительного мира и применение их на благо человечества.

В соответствии с целью были поставлены следующие **задачи:**

Теоретические задачи:

- изучить литературу по данной теме;
- раскрыть суть понятия – «бионика»;
- ознакомиться с историей появления науки;
- определить важность значения бионики в развитии научно-технического прогресса;
- познакомиться с разделами и направлениями исследуемой науки;
- рассмотреть существующие сегодня бионические формы, созданные на основе особенностей строения и функционирования животных и растений;
- выяснить, как человек использует «естественные» изобретения живых организмов при создании искусственных устройств на благо человека;
- исследовать современные открытия, «подсмотренные у природы»

Практическая задача:

- Создать познавательную картотеку *«Биология + Техника»* для школьников начального и среднего звена на основе данных о бионических формах животных, изучаемых на уроках биологии и собственных жизненных наблюдений.
- Создать презентацию, которая познакомит окружающих с искусственно созданными изобретениями с использованием живых организмов.

Следовательно, из поставленной цели и задач определяем предмет исследования и выдвигаем гипотезу нашего проекта.

Предмет исследования: особенности строения и функционирования некоторых представителей живых организмов и технические изобретения человека.

Гипотеза: мир создан совершенно, не требуя доработки, и человек в большинстве технических достижений лишь копирует свойства уже сотворённого.

Методы теоретического уровня:

- изучение научной литературы в разных источниках по теме проекта;
- сравнение – установление специфических форм и систем функционирования у некоторых живых организмов, которые поспособствовали созданию нужных предметов для человечества и их технических «близнецов»;
- анализ - выделение и изучение выявленных необычных представителей животного и растительного мира;
- синтез – выявление полезных внешних и внутренних «деталей» животных и растений для их максимального «копирования» и применения в науки и технике;
- дедукция – логические выводы, на основе всего изученного материала.

Метод практического уровня:

- Наблюдение – фиксация с помощью органов чувств и жизненного опыта необходимых для проекта представителей флоры и фауны и технических средств в окружающем нас мире.

Теоретическая значимость работы: расширение кругозора слушателей – понимание того, что окружающие нас вещи, техника, флора и фауна находятся в близком «симбиозе»;

охрана природы – призыв уважительного отношения к природе, так как она уникальная кладовая для новых открытий;

Практическая значимость работы: багаж знаний, для новых инженерных открытий, в науке и технике.

Новизна: XXI век – век новых технологий. К сожалению, не все знают, что многие идеи технологий взяты людьми из природы.

1.1 Что такое бионика?

Существует такая наука, которая объединяет в себе всё и может сочетать несочетаемое! Это наука бионика. Понятие бионика состоит из частей слов **«БИОлогия и техНИКА»**, что означает *«учиться у природы технике завтрашнего дня»*, которая принесет большую пользу человеку и природе». Суть бионики - заимствовать у природы ценные идеи и реализовывать их в виде оригинальных конструкторских и дизайнерских решений, а также новых информационных технологий.

В этимологическом словаре можно встретить синоним слова «бионика» - это биомиметика (от лат. *bios* - жизнь, и *mimesis* – подражание), который дословно можно перевести как "подражание, имитирование природы". Термин биомиметика впервые ввел в научную лексику американский писатель-натуралист Джанин Бениус.

В России, вместо биомиметики, чаще употребляется термин бионика.

1.2 История создания науки

Ещё крупнейший греческий философ материалист Демокрит (около 460-370гг.до н.э.) писал: *«От животных мы путем подражания научились важнейшим делам. Мы ученики паука в ткацком и портняжных ремеслах, ученики ласточки в построении жилищ...»*. Идея применения знаний о живой природе для решения инженерных задач принадлежит Леонардо да Винчи. Великий ученый наблюдал за полетом птиц. Он хотел построить летательный аппарат, чтобы человек мог на нем парить над землей. Его чертежи и схемы летательных аппаратов были основаны на строении крыла птицы.

В наше время, по чертежам Леонардо да Винчи неоднократно осуществляют моделирование орнитоптера. В 1960 году в Дайтоне (США) состоялся первый симпозиум по бионике, который официально закрепил рождение новой науки и название, предложенное американским инженером Джеком Стилом:

«Биология + электроника = Бионика»

Девиз бионики: **«Живые прототипы – ключ к новой технике»**.

Основа бионики - исследования по моделированию различных биологических организмов. Поэтому ученые-бионики **избрали** своей **эмблемой символ**: скрещенные скальпель, паяльник и знак интеграла. Этот союз биолога, техника и математика говорит о том, что наука бионика проникает туда, куда не проникал еще никто, и увидит то, что не видел еще никто.

Потребителями и партнерами бионики становятся самолето- и кораблестроение, космонавтика, машиностроение, радиоэлектроника, навигационное приборостроение, инструментальная метеорология, архитектура и т.д.

Новый **всплеск развитие** этой **науки** можно объяснить следующими факторами:

- **во-первых**, уровень развития современных технологий позволяет реализовать принципы, о реализации которых мы могли только мечтать;
- **во-вторых**, дефицит сырья (энергетический кризис) заставляет обращаться к более эффективным и энергосберегающим технологиям.

1.3 Мудрая природа

Человек всегда стремится позаимствовать у окружающего мира его феноменальные возможности, такие как:

- **природные инженерные конструкции**, сооружённые с минимальными энергетическими затратами, так как живые организмы обладают уникальным метаболизмом и оптимально обмениваются энергией между разными формами жизни;
- **прочные сверхдешёвые материалы**, которые распространены в огромном количестве. Так, материал оленьего рога значительно крепче самых лучших образцов керамического композита, которые удастся разработать людям;
- **технологии создания интеллектуальных систем**, которые взаимодействуют с окружающей средой на клеточном уровне и могут приспосабливаться, изменяя свои свойства. Например, взрослое дерево обычно создается в результате длительного адаптивного процесса, с учетом многолетнего воздействия как дружественных (например, поддержка со стороны других деревьев в лесу), так и агрессивных факторов.

1.4 Бионический подход

Бионический подход - это искусство применения биологии для небιологических целей. Бионический подход в научном исследовании в современных условиях лучше всего осуществляется тогда, когда над общей проблемой работают сообща биологи и инженеры[9].

Разделы бионики

Существует три основных вида бионики:

- *биологическая бионика – изучает процессы, происходящие внутри биологических систем;*
- *теоретическая бионика - строит математические модели этих процессов;*
- *техническая бионика - применяет 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.

1.5 Основные направления работ в бионике

изучение нервной системы человека и животных и моделирование нервных клеток (нейронов) и нейронных сетей для дальнейшего совершенствования вычислительной техники и разработки новых элементов и устройств автоматики, телемеханики (нейробионика). *Исследование памяти и других параметров нервной системы – основной путь сотворения «думающих» машин для автоматизации сложных процессов производства и управления.*

Исследование органов чувств и других воспринимающих систем живых организмов с целью разработки новых датчиков и систем обнаружения.

Например,

Для технических целей представляет энтузиазм разработка искусственной сетчатки. Эти исследования дают возможность сделать следящие устройства автоматического определения;

Изучают органы обоняния животных с целью сотворения «искусственного носа» – электрического прибора для анализа малых концентраций пахнущих веществ в воздухе либо воде.

изучение принципов ориентации, локации и навигации у различных животных для использования этих принципов в технике.

Маленькие и четкие воспринимающие и анализирующие системы, помогающие животным ориентироваться, отыскивать добычу, совершать передвижения за тысячи км, могут поспособствовать в совершенствовании устройств, применяемых в авиации, морском деле и др.

исследование морфологических, физиологических, биохимических особенностей живых организмов для выдвижения новых технических и научных идей.

Например,

Новые принципы полёта, бесколёсного движения, построения подшипников, разных манипуляторов и т.п. разрабатываются на базе исследования полёта птиц и насекомых, движения прыгающих животных, строения суставов и т.п. Анализ структуры кости, обеспечивающей её огромную лёгкость и сразу крепкость, может открыть новые способности в строительстве и т.п.

Исследование структуры кожи быстроходных акваживотных позволило прирастить скорость кораблей.

Основные направления бионики

1.6 Бионика имеет несколько направлений

1. Архитектурно-строительная бионика;
2. Нейробионика.

Архитектурно – строительная бионика:

- **изучает** законы формирования и структурообразования живых тканей;
- **занимается** анализом конструктивных систем живых организмов, созданных по принципу экономии материала, энергии и обеспечения надежности;
- **уделяет** большое внимание новым строительным технологиям[6].

Например, полная аналогия строения стеблей злаков и современных высотных сооружений. *«Стебли злаковых растений способны выдерживать большие нагрузки и при этом не ломаться под тяжестью соцветия. Если ветер пригибает их к земле, они быстро восстанавливают вертикальное положение».* Секрет кроется в их строение, и оно сходно с конструкцией современных высотных фабричных труб — одним из последних достижений инженерной мысли. Обе конструкции внутри полые. Междоузлия стеблей — кольца жесткости. Вдоль стенок стебля находятся овальные вертикальные пустоты. Стенки трубы имеют такое же конструктивное решение. Роль спиральной арматуры, размещенной у внешней стороны трубы в стебле злаковых растений, выполняет тонкая кожица.

Нейробионика:

- **изучает работу мозга**, исследует механизмы памяти;
- интенсивно **изучаются органы чувств животных**, внутренние механизмы реакции на окружающую среду и у животных, и у растений.

Основными направлениями нейробионики являются изучение нервной системы человека и животных и **моделирование нервных клеток – нейронов и нейронных сетей**. Это дает возможность совершенствовать и развивать электронную и вычислительную технику.

Нейробионику рассматривают с трех позиций:

- **искусственный интеллект** - наука и разработка интеллектуальных машин и систем, особенно интеллектуальных компьютерных программ, направленных на то, чтобы понять человеческий интеллект;
- **нанороботы** - микроскопические машины способны выполнять определённые действия, на которые они запрограммированы в процессе создания;
- **киборги** - изобретение человечества, которое способно совмещать живой организм и машину. Это люди, которые имеют помимо своих органов, искусственные механические и электронные дополнения позволяющие полноценно жить и двигаться.

Самые преданные бионики — это инженеры, которые конструируют роботов. Разработчики - бионики исходят из того, что роботам придется функционировать в городских и домашних условиях, то есть в «человеческой» среде с лестницами, дверями и другими препятствиями специфического размера. Поэтому они обязаны соответствовать человеку по размеру и по принципам передвижения.

И у кого же копировать конструкцию ног, если не у животных? *«Миниатюрный, длиной около 17 см., шестиногий робот (гексапод) из Стэнфордского университета уже бежит со скоростью 55 см/сек».*

Торжество бионики - **искусственная рука**. Ученым из Института реабилитации Чикаго удалось создать бионический протез, который позволяет пациенту не только управлять рукой с помощью мыслей, но и распознавать некоторые ощущения.

Микроскопические роботы могут решать массу важных для человечества задач, совершить переворот в медицине, уничтожать вредные отходы и даже готовить необходимую людям инфраструктуру для жизни на других планетах.

Создано **искусственное сердце** из биологических материалов. Новое научное открытие может положить конец дефициту донорских органов.

Полезное применение **нанороботов** и **наномашин** планируется использовать в медицинских технологиях и военных технологиях.

Практическая часть

2.1 Современные открытия, «подсмотренные у природы»

Самым простым примером проявления науки бионики является *изобретение шарниров*. Всем знакомое крепление, основанное на принципе вращения одной части конструкции вокруг другой. Такой принцип используют *морские ракушки*, для того чтобы управлять двумя своими створками и по надобности открывать их или закрывать.

В быту мы часто используем разнообразные *пинцеты*. Природным аналогом такого прибора становится острый и клещеобразный *клюв веретенника*. Эти птицы применяют тонкий клюв, втыкая его в мягкую почву и доставая оттуда мелких жуков, червяков и прочее.

Многие *современные приборы и приспособления оснащены присосками*. Например, присосками оснащают специальную обувь мойщиков окон высотных зданий для обеспечения их безопасной фиксации. Это нехитрое приспособление тоже позаимствовано у природы. *Квакша*, имея на ногах присоски, необычайно ловко держится на гладких и скользких листьях растений, а *осьминогу* они необходимы для тесного контакта со своими жертвами.

Уже в течение многих лет растение *одуванчик* использует «*парашют*» для распространения своих семян. Пушинки одуванчика тормозят падение семян. Струи тёплого воздуха поднимают семена одуванчика и относят их очень далеко от того места, где они выросли. Вот почему их можно увидеть даже на парапетах высоких зданий. *Парашиюты*, изобретённые человеком, повторяют этот же принцип. Когда ветер подхватывает парашют, его купол создаёт эффект торможения и скорость падения замедляется. Современные парашютисты могут парить в воздухе подобно планеру и управлять парашютом, «*сбрасывая*» воздух с разных частей купола.

Опорная функция *ходульных корней мангровых деревьев* легла в основу проекта *свайных построек*.

Эйфелева башня. Конструкция Эйфелевой башни основана на научной работе швейцарского профессора анатомии Хермана фон Мейера (Hermann Von Meyer). За 40 лет до сооружения парижского инженерного чуда профессор исследовал костную структуру головки бедренной кости в том месте, где она изгибается и под углом входит в сустав. И при этом кость почему-то не ломается под тяжестью тела.

Яркий пример архитектурно-строительной бионики — полная аналогия строения стеблей злаков и современных высотных сооружений.

Обыкновенный *репейник* вдохновил швейцарского инженера Жоржа де Местраля на изобретение «*липучки*».

В последние годы бионика подтверждает, что большинство человеческих изобретений уже "запатентовано" природой. Такое изобретение XX века, как застёжки "молния" было сделано на основе строения пера птицы.

Основоположник современной аэродинамики Н. Е. Жуковский тщательно изучил механизм полёта птиц и условия, позволяющие им парить в воздухе. На основании исследования полёта птиц появилась авиация.

Чтобы в полёте не возникали вредные колебания, на концах крыльев у быстролетающих насекомых имеются хитиновые утолщения. Сейчас авиаконструкторы применяют подобные приспособления для крыльев самолётов, тем самым устраняя опасность вибрации.

Реактивное движение, используемое в самолетах, ракетах и космических снарядах, свойственно также головоногим моллюскам — осьминогам, кальмарам, каракатицам.

Наибольший интерес для техники представляет реактивный движитель кальмара. В сущности, кальмар располагает двумя принципиально разными движителями. При медленном перемещении он пользуется большим ромбовидным плавником, периодически изгибающимся. Для быстрого броска животное использует реактивный движитель. Мышечная ткань- мантия окружает тело моллюска со всех сторон, объем ее составляет почти половину объёма его тела. При реактивном способе плавания животное засасывает воду внутрь мантийной полости через мантийную щель. Движение кальмара создается за счёт выбрасывания струи воды через узкое сопло (воронку). Это сопло снабжено специальным клапаном, и мышцы могут его поворачивать, чем достигается изменение направления движения. Движитель кальмара очень экономичен, благодаря чему он может достигать скорости 70 км/ч; некоторые исследователи считают, что даже до 150 км/ч.

Глиссер. По форме корпуса он похож на дельфина. Глиссер красив и быстро катается, имея возможность, натурально, по-дельфиньи играть в волнах, помахивая плавничком. Корпус сделан из поликарбоната. Мотор при этом очень мощный. Первый такой дельфин был построен компанией Innespace в 2001 году.

Гидрофон. Во время первой мировой войны английский флот нес огромные потери из-за германских подводных лодок. Необходимо было научиться их обнаруживать и выслеживать. Для этой цели создали специальные приборы — гидрофоны. Эти приборы должны были находить подводные лодки противника по шуму гребных винтов. Их установили на кораблях, но во время хода корабля движение воды у приемного отверстия гидрофона создавало шум, который заглушал шум подводной лодки. Физик Роберт Вуд предложил инженерам поучиться... у тюленей, которые хорошо слышат при движении в воде. В итоге приемному отверстию гидрофона придали форму ушной раковины тюленя, и гидрофоны стали "слышать" даже на полном ходу корабля.

Эхолокация. Долгое время оставалась загадочной способность летучих мышей летать в полной темноте. Лишь в наше время было установлено, что летучие мыши могут издавать и улавливать ультразвуки. Беспрерывно испуская в полёте ультразвуки и воспринимая их отражение от окружающих предметов, летучие мыши как бы ощупывают в темноте окружающее пространство. Моделирование локаторов по живым организмам открывает новые перспективы их использования в качестве чувствительных элементов различных технических систем.

Медузы. Многие растения и животные обладают способностью «чувствовать» некоторые явления природы и её воздействие, которые человек даже не замечает. Так, задолго до начала шторма медузы спешат укрыться в безопасном месте. Оказывается, сигналом к этому служат инфразвуки частотой 3-13 Гц, возникающие от трения волн о воздух. Интенсивные инфразвуковые колебания, образующиеся над поверхностью моря при сильном ветре в результате вихревых процессов у гребней волн, распространяются быстрее штормового фронта. Медузы воспринимают эти колебания. В результате изучения данного явления был сконструирован прибор, позволяющий определить направление шторма и силу задолго до его начала (примерно за 15 часов).

Особенность передвижения насекомых была заложена японскими биониками в созданного им робота. Такой робот используется в поисковых работах на развалах или в горных районах. Он помогает искать людей под завалами.

Изучив структуру кожного покрова дельфинов, бионики создали уникальную обшивку для кораблей. Военные корабли с такой обшивкой способны развивать скорость на 20% выше, чем обычные.

Ученым из Института реабилитации Чикаго удалось создать бионический протез, который позволяет пациенту не только управлять рукой с помощью мыслей, но и распознавать некоторые ощущения. Обладательницей бионической руки стала Клаудиа Митчелл (Claudia Mitchell), в прошлом служившая в морском флоте США. В 2005 году Митчелл пострадала в аварии. Хирургам пришлось ампутировать левую руку

Митчелл по самое плечо. Как следствие, нервы, которые могли бы быть в дальнейшем использованы для контроля над протезом, остались без применения.

Наиболее продвинувшиеся исследования в бионике - это разработка комплекса исследований, связанных с моделированием функций и структур мозга высших животных и человека; создание систем биоэлектрического управления и исследования по проблеме "человек-машина".

Бионика играет большую роль в жизни человека. Это одна из самых быстроразвивающихся наук нашего времени, мощный ускоритель научно-технической революции. Она обещает неслыханный расцвет производительных сил человечества, новый взлет науки и техники.

Картотека «Биология + Техника»

Какие изобретения, «подсмотренные у природы» мы используем в своей жизни.

• Гидравлический привод	• У паука
• Пневматический отбойный молоток	• У земляной осы
• Ультразвуковой локатор	• У летучей мыши
• Сонар (средство звукового обнаружения подводных объектов с помощью акустического излучения)	• У дельфина, тюленя, кита
• Реактивный двигатель	• У кальмара, осьминога
• Точный барометр	• У лягушки, вьюна, пиявки
• Предсказатель штормов	• У медузы
• Запахоанализатор, способный различать 5000 тысяч запахов	• У собаки
• Счетчик Гейгера (газоразрядный прибор для подсчёта числа попавших в него ионизирующих частиц.)	• У улитки
• Гидротрон (электровакуумный СВЧ-генератор)	• У мухи
• Поляризационный солнечный компас	• У пчелы
• Указатель скорости движения	• У жука
• Опреснитель морской воды	• В клюве альбатроса
• Высокочувствительный сейсмограф	• У водяного жука и кузнечика

Природа - огромное инженерное бюро, у которого всегда готов правильный выход из любой ситуации, а **бионика** - это как раз та наука, которая помогает человеку заимствовать у природы технические решения для своих изобретений. Превосходный «симбиоз» для современного человечества!

Анализ полученных знаний по предмету «Биология» и собственного жизненного опыта

У меня в течение 1-9 классов накапливался опыт о жизни царств «*Растений*» и «*Животных*». И меня заинтересовал вопрос, а какие сведения об использовании живых моделей в технике, архитектуре и строительстве мы рассматривали на уроках биологии и каждый день в окружающем нас мире. С этой целью мной было внимательно изучено содержание материала большой энциклопедии «*Животный мир*» Бейко В.Б., поскольку в животном мире можно намного больше найти «*патентов*», чем в растительном.

Проанализировав материал научной книги, я пришёл к выводу о том, что можно «*патенторассматривать*» элементы науки бионики при изучении большинства классов «*Царства животных*». Была составлена картотека «*Биология + Техника*» из энциклопедии «*Животный мир*» Бейко В.Б., которую могут использовать педагоги начального и среднего звена.

Таким образом, для повышения интереса к изучению предмета биология можно рассматривать содержание материала с точки зрения науки бионики, как на уроках окружающего мира (начальное звено), биология (среднее звено), так и на внеклассных мероприятиях.

Заключение

В ходе данного исследования были получены первоначальные знания о науке «бионика», об истории появления этой науки и её направлениях.

Мной проанализировано содержание энциклопедии «Животный мир» Бейко В. Б., составлена картотека «Биология + Техника», которая может быть полезна ученикам и педагогам.

Проведенные наблюдения подтвердили то, что многие изобретения, действительно, были позаимствованы у природы. Природа не прячет от нас свои тайны, она служит для человека эталоном для творения нового. Тот, кто умеет быть внимательным к ней - совершает новые открытия. Таким образом, выдвинутая гипотеза нашла свое подтверждение.

И может кто – то из школьников, а также просто читателей заинтересуется наукой бионикой и в каждом листочке, стебле, насекомом и другом биологическом существе найдет решение возникшей в его сознании проблемы.

Работая над этой темой, вы узнали много интересных фактов о воплощение природных "идей" в технические открытия. Бионика — одна из тех наук, которая тесным образом связана с живой природой. Она помогает человеку, через сознательное изучение и наблюдение за животными и растениями, имитировать их строение, движение, полеты и создавать оригинальные технические системы и технологические процессы на основе идей, найденных и заимствованных у природы.

Оттого, насколько разумно и бережно мы будем сегодня пользоваться созданиями мастерской природы, зависит не только материальное благополучие людей на планете, но и развитие творческой мысли человека, развитие техники, искусства и всего прогресса на Земле.

Потенциал бионики практически безграничен. Её достижения очень важны для человека. Появляется всё больше областей ее исследования, постоянно расширяются перспективы в создании новых уникальных материалов и приборов.

Список использованных источников и литературы

1. Бейко В. Б. / Большая энциклопедия животного мира. -М.: ЗАО «Росмен-Пресс», 2011.
2. Бионика Большая серия знаний/Проф. В. Нахтигаль. - М.: ООО Мир книг, 2006.
3. Бионика. Беседы для учащихся начальной школы / Сост. З.В. Артамонова, Н.В.Щепина. – Глазов: Глазовский государственный педагогический институт, 2007.
4. Гармаш, И.И. Тайны бионики / И.И. Гармаш Тайны бионики. М.1985.
5. Гастев А.А. Леонардо да Винчи. Серия ЖЗЛ, Издательство «Молодая гвардия», 1982.
6. Кричевский Г.Е. «Основы Бионики. Учимся мудрости у Природы». М., 2015.
7. Нанотехнологии. Азбука для всех. М.: "Физ.-мат. лит." 2007.
8. Нанотехнологии вдохнули новую жизнь в бионику. Новые технологии. № 44 (216) от 29.10.2003
9. Рийо А., Мейе Ж.А. Бионика. Когда наука имитирует природу. М.: Техносфера, 2013.
10. Романенко, Е.В. Бионика / Большая Российская Энциклопедия. М.: Научное издательство «Большая Российская Энциклопедия», 2005.
11. Скурлатова М. В. Бионика как связь природы и техники // Молодой ученый. 2015.
12. Соколов Е.Н., Шмелев Л.А. Нейробионика. Организация нейроподобных элементов и систем. М.: Наука, 1983.