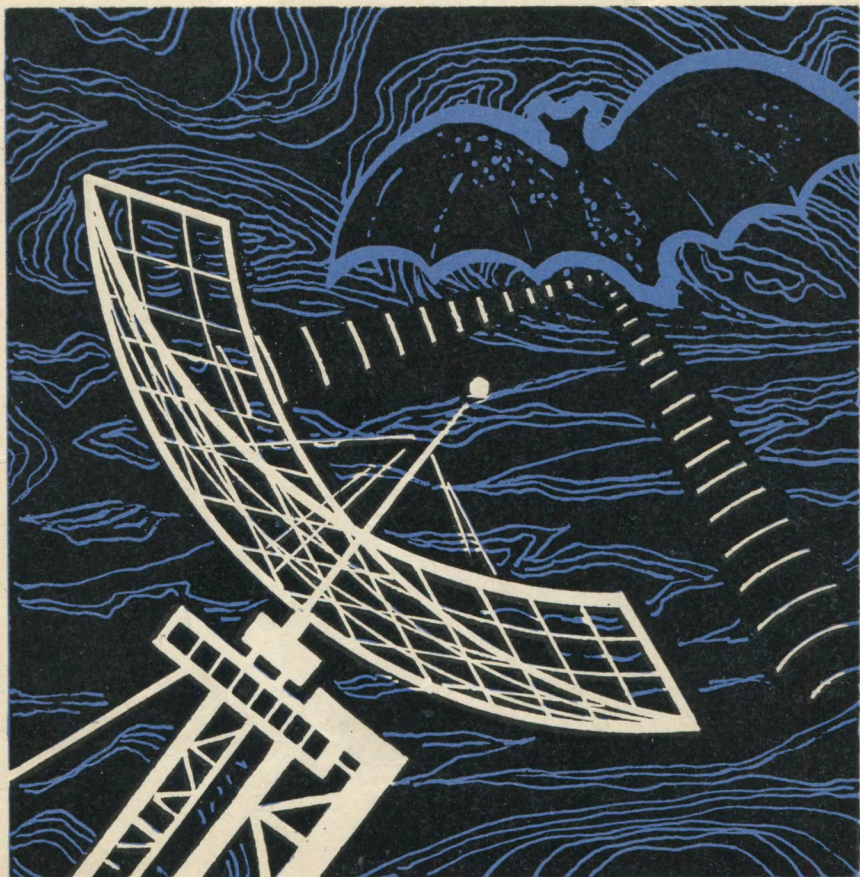


Е. КАЗАКЕВИЧ

# ШКОЛА ПРИРОДЫ



Е. КАЗАКЕВИЧ

# ШКОЛА ПРИРОДЫ

(ЗАМЕТКИ ПО БИОНИКЕ)

МИНСК 1969

**Казакевич Е. И.**

Школа природы (заметки по бионике). Минск, «Нар. асвета», 1969.

56 с. с илл.; 16 000 экз., 5 к.

Автор книги на интересных и занимательных примерах знакомит читателя с одной из самых молодых отраслей науки — бионикой, рассказывает о современных представлениях об ориентировочных, регуляторных и других способностях живых организмов. Читатель узнает из книги, как ученые и инженеры в тесном содружестве с биологами, используя принцип действия и структуру различных органов живых существ, конструируют самонастраивающиеся и самоорганизующиеся технические устройства.

Книга интересна в познавательном отношении, рекомендуется учащимся старших классов.-- Библиогр.; с. 54.

**7-6-3**  
**162-69М**

**6Ф01**  
**К 14**

## *Предисловие*

С самых древнейших времен природа совершенством своих форм, где все взаимосвязано, «притерто и подогнано», служила источником вдохновения для человека в его стремлении к научному и техническому прогрессу.

Эволюция выработала у животных такие приспособления, создала такие регуляторные системы, которые способствовали выживанию организмов в изменяющихся условиях внешней среды. Изучая эти приспособления, исследуя регуляторные механизмы в живом организме, ученые задались целью смоделировать их и применить в разнообразных отраслях техники.

Результатом такого союза биологии и технической мысли явилось появление новой науки бионики (бион — элемент биологической системы). Бионика отражает творческую деятельность людей, направленную на исследование и использование технических законов биологических систем, она разрабатывает принципы создания таких систем, которые воспроизводят функции живых организмов.

Человечество на протяжении ряда веков изучало, копировало живую природу, а между тем возникновение бионики как науки относится к XX столетию. Только в 1960 году был созван первый международный симпозиум по бионике.

Нет сомнения, что прогресс в летательной технике, радиоэлектронике, строительстве, архитектуре и других отраслях народного хозяйства зависит от способности человека наблюдать и изучать окружающий мир.

Почти любое техническое устройство ведет свое происхождение от природы. Трудовые навыки и технические усовершенствования — это сложное переплетение сознательно-го копирования окружающей природы и оригинальных решений, найденных человеком в результате размышлений и целого ряда экспериментов.

Но простое копирование не могло дать должных результатов. Первостепенное значение в решении этой задачи принадлежит развитию смежных наук — биологии, нейрофизиологии, химии, физики, математики и т. д., а также титаническому умственному и физическому труду человека.

Первые трудовые навыки, приобретенные первобытным человеком, первые изготовленные из камня орудия производства — молоток, нож, топор — смоделированы, видимо, с органов животных, обитавших у его жилища. Дикарь наблюдал, как птица долбит кору деревьев, добывая насекомых для корма, раскалывает орехи и другие плоды своим острым клювом. Вот почему первые орудия труда, найденные при раскопках, имеют форму клюва птицы, дающую возможность выполнять нужную работу.

Стрелы с наконечниками или копья, пущенные сильной рукой первобытного охотника, почти не встречая сопротивления воздуха, врезались в тело добычи, убивая ее. Наконечник стрелы или копья имели удлиненную и заостренную форму.

Вероятно, видя веретенообразную, хорошо обтекаемую форму тела рыбы, первобытный человек выдолбил из бревна лодку, которая хорошо скользила по поверхности реки или озера и рассекала воду, а гребное весло по форме и выполняемой работе напоминало плавник рыбы.

Долог путь человечества от санных волокуш до колесных телег и более совершенных механизмов. Идея колеса — это тоже своеобразная подсказка природы. Первообытный человек поставил телегу на колеса, видимо, потому, что увидел, как стремительно катится с горы круглый камень или «перекати-поле». В свое время древнегреческий философ Демокрит указывал, что люди в своей творческой деятельности подражают природе: «От животных мы путем подражания научились важнейшим делам паука, подражая ему в ткацком и портняжном ремеслах, мы ученики ласточки в построении жилищ».

А в 1619 году физик и астроном Иоганн Кеплер написал на латинском языке трактат «О шестиугольном снеге», где говорит о совершенстве живых организмов и впервые осторожно высказывает мысль о моделировании некоторых приспособлений.

В свое время Леонардо да Винчи изучал полеты птиц с целью выяснения принципов конструирования летательных аппаратов. Занимался изучением механики полета птиц и наш соотечественник Н. Е. Жуковский, разработавший теоретические основы аэродинамики. В настоящее время к принципам машущего полета, который используют птицы, приковано внимание самолетостроителей и уже создан ряд конструкций махолетов.

Много еще нерешенных проблем в науке и технике. Взоры человека обращены к природе. Откроет ли она свои новые тайны? Вот об этом и рассказывается в этой небольшой брошюре.

# Моделирование органов



Проходя по берегам наших полесских рек, вам, дорогой читатель, по-видимому, приходилось видеть домики бобров. Если вы были внимательны, то, конечно, заметили, что бревна, из которых сложены домики, аккуратно обточены, а на берегу стоят отшлифованные пни. Это работа бобров, их передних зубов — резцов. Резцы у грызунов растут и одновременно стачиваются на протяжении всей их жизни.

«Какие универсальные самозатачивающиеся резцы!» — видимо, воскликнул инженер А. М. Игнатьев и в 30-е годы нашего столетия сконструировал резцы, которые установлены теперь на большинстве металлорежущих станков.

Это один из примеров содружества биологической и инженерной мысли.

Люди издавна удивлялись совершенству живых организмов. Они с завистью смотрели на легкий и стремительный полет птицы, насекомого и по их образу и подобию сконструировали самолет. Вспомните первый летательный аппарат нашего соотечественника Можайского, который был тяжелее воздуха и очень напоминал стрекозу.

Всем ли? Конечно, нет. До сих пор новейший современный самолет уступает совершенству полета насекомого или

птицы. В отличие от крыла птицы крыло самолета создает значительное сопротивление воздуху. При испытаниях сверхзвуковых самолетов часто случалось, что они разваливались в воздухе из-за сильной вибрации крыльев — флаттера. Конструкторы устранили этот недостаток, укрепив на концах крыльев антифлаттер (утяжеление). И только спустя несколько лет биологами были обнаружены такие утяжелители (птеростигмы) на концах крыльев стрекозы в виде хитиновых утолщений, которые предохраняли насекомое от вредных колебаний крыльев в полете.

Оказывается, обыкновенная муха и комар снабжены замечательным навигационным прибором, помогающим им ориентироваться в полете. Эту функцию выполняют жужжальца — два придатка, расположенные позади крыльев.

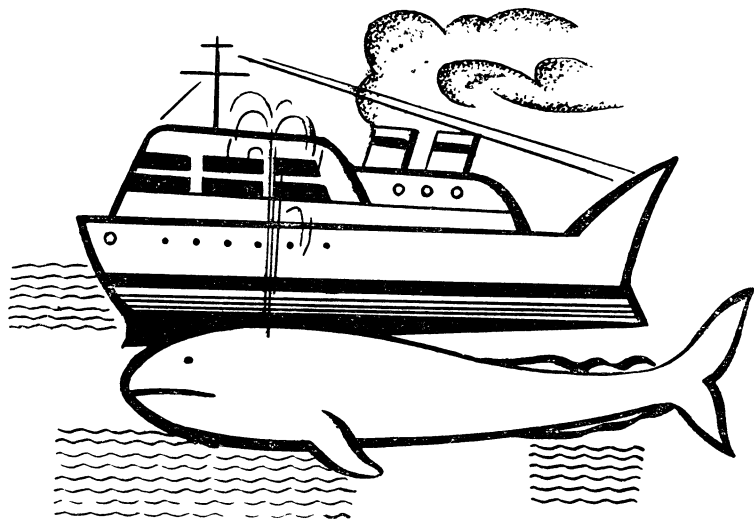
Инженерам удалось построить техническую модель жужжальцев и применить их в авиации. Полет современных скоростных самолетов на виражах без них просто немыслим.

Долгое время оставалось загадкой, почему дельфин, такое массивное морское животное, развивает скорость до 60 км в час (а меч-рыба — еще большую), не создавая за собой турбулентного (вихревого) движения. А подводная лодка, имея форму корпуса, сходную с дельфином, при движении создает высокую турбулентность, которая значительно снижает ее скорость. На преодоление этого сопротивления тратится около  $\frac{9}{10}$  движущей силы, создающейся при работе двигателей.

Изучение биологии дельфинов позволило выяснить, что секрет отсутствия завихрений таится в двухслойной коже животного, имеющей сложное строение. На верхнем слое, с внутренней стороны, имеется большое количество ходов, заполненных губчатым жировым веществом. Вследствии этого весь наружный покров дельфина подобен диафрагме, чувствительной к изменениям давления. Губчатое вещество, как амортизатор, гасит возникшие завихрения.



На основании этого открытия была сконструирована резиновая оболочка с ходами, заполненными жидкостью. В США такая оболочка применялась на торпедо. В результате этого турбулентность снизилась на 50%. В настоящее время предполагается строительство подводных лодок и самолетов с использованием вышеупомянутой оболочки.

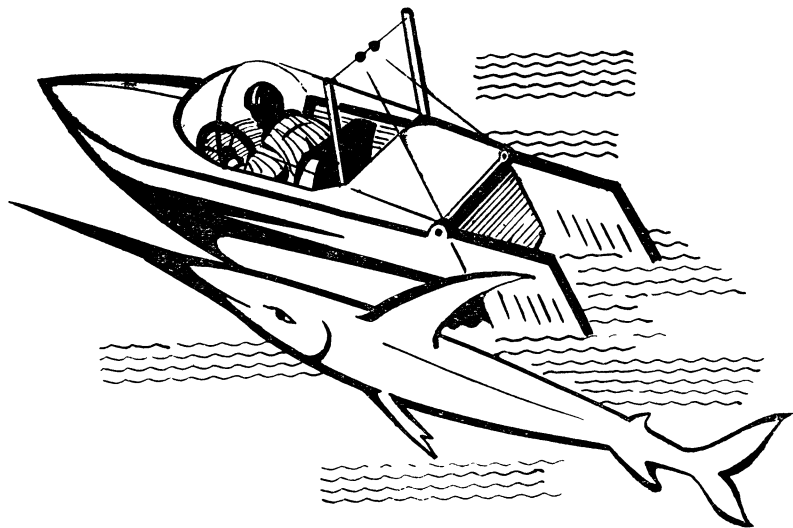


Но дельфинья кожа не осталась в стороне от взоров ученых. Известно, что жидкость, проходя по сосудам, тратит энергию на преодоление трения между частицами жидкости и самой жидкости о поверхность сосуда.

Для избежания этого явления изготовили трубу, внутреннюю поверхность которой сделали по образу дельфиньей кожи. Для перекачки жидкости потребовалось меньшее давление (снилось на 35%). Такой способ найдет широ-

кое применение при транспортировке нефти по трубопроводам на большие расстояния.

Японские ученые установили, что форма тела кита более приспособлена для перемещения в воде, чем форма судов. Создав океанский лайнер, копирующий кита, японские судостроители добились увеличения скорости движения ко-



рабля на 25% при том же тоннаже и той же мощности двигателей.

Даже самые быстроходные суда не могут конкурировать со скоростью меч-рыбы, достигающей 100 км в час. Где же тайна столь небывалой скорости? Оказывается, в форме хвостового плавника и способности его изменять свою форму. Советский инженер А. А. Усов придал лодке такую скорость, заменив гребной винт рамой из пластмассовых

пластин, которые с помощью двигателя совершают колебательные движения и изменяют форму.

По рекам нашей страны плавают водометные суда, сконструированные инженером В. С. Дзякевичем, у которых отсутствует гребной винт или колесо. Эти суда движутся при помощи толкающей силы воды, которая накачивается насосом, а затем с большой силой выталкивается через отверстие в корме.

Преимущество таких судов в том, что они способны перемещаться по мелководью.

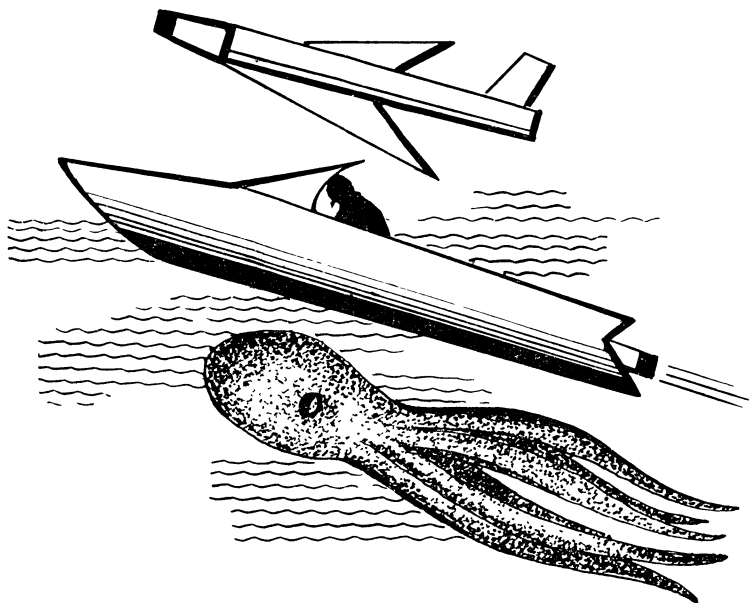
Суда эти появились сравнительно недавно, а природа уже давно предусмотрела реактивный принцип передвижения. Спрут и каракатица набирают внутрь тела воду, которая с большой силой выталкивается через особое приспособление — воронку, и животное движется с большой скоростью.

Изучение органов и приспособлений, созданных природой, — кладовая для инженеров-конструкторов. Не случайно, военное ведомство США заинтересовалось глазом жабы.

Удивительной особенностью обладает глаз этого животного. Возбуждения, образующиеся в результате светового раздражения глаза, достигают мозга лишь в том случае, если они имеют для животного определенный смысл. На близко пролетающее насекомое жаба реагирует мгновенно, но если добыча летит на таком расстоянии, что охота за ней бесполезна, — глаза жабы ее не замечают. Это свойство используется животным не только для добычи пищи, но и является стражем, — резкое движение тени предупреждает о приближающейся опасности. Таким образом, глаза жабы не беспокоят ее по пустякам.

По образу жабьего глаза инженерами было построено кибернетическое устройство, объемом  $1,8 \text{ м}^3$ . В этой модели содержалось более 30 тысяч реле, транзисторов, фотоэле-

ментов и других систем. Основу ее составляло 6 вычислительных машин, расположенных одна за другой, как бы воспроизводящих 6 слоев сетчатки глаза жабы. Проекция теней предметов происходит на 1620 фототочек, которые



выполняют роль верхнего слоя сетчатки. Затем информация передается от слоя к слою и сортируется на нужную и ненужную.

Кибернетический «глаз» установлен в комплекте с аэродромным радиолокатором на аэродроме в Детройте (США). Это устройство предупреждает о возможных опасностях, подстерегающих взлетающие и идущие на по-

садку самолеты. Самолеты находятся в поле зрения «глаза», и, если идут определенным курсом, с дозволенной скоростью, автомат их просто «не замечает». Но если два или несколько самолетов идут таким курсом и с такой скоростью, что возможно их столкновение, автомат тут же реагирует — срабатывает реле и поднимается тревога.

В наши дни создана камера под названием «мушиный глаз». Прибор способен воспроизводить за один раз более 1300 изображений. 1329 небольших линз, объединенных в один плоский диск, воспроизводят ячеистую структуру глаза мухи и способны давать многократные изображения. Подобное устройство создано для репродукции точнейших микроскопических схем и установлено на электронных счетно-решающих устройствах.

Разработана конструкция электронного прибора, воспроизводящего функцию глаза подковообразного краба. Глаз его способен усиливать четкость удаленных предметов. Эту особенность глаза предполагается использовать в телевидении и аэрофотосъемке (фотографирование Луны и других планет).

По образу и подобию глаза мухи и пчелы построено «небесный компас поляризованного света». Глаза насекомых фасеточные и состоят из элементов — омматидиев. Пропускание поляризованного света зависит от его направления, поэтому разные участки неба воспринимаются насекомыми с различной яркостью. В результате этого насекомое определяет свое местонахождение по отношению к солнцу, даже если последнее скрыто тучами. «Компас поляризованного света» используют в навигации для ориентировки по положению светила независимо от того, чистое небо или облачное.

Названные элементы глаза способны давать несколько изображений предмета. Движущийся предмет входит последовательно в поле зрения каждого омматидия и таким об-

разом насекомое определяет скорость движения предмета. Построенная модель глаза насекомого может извещать наблюдателя о скорости движения самолета, ракеты, небесного тела и любого предмета, пересекающего «поле зрения» прибора.

Если перед глазами осьминога зажечь красную, а затем зеленую лампочку, среагирует ли он на изменение цвета? Если яркость лампочек одинаковая, осьминог не заметит различия между ними.

Человек же различает многообразие красок природы. Причина заключается в различном строении глаза осьминога и человека. Глаз осьминога иногда сравнивают с фотокамерой, заряженной черно-белой пленкой. Такое зрение называется ахроматным, т. е. одноцветным, зрение человека — трехцветным или трихроматным.

На Всесоюзном съезде физиологов, проходившем в 1964 году в Ереване, московские ученые М. М. Бонгард и А. Л. Бызов продемонстрировали установку, моделирующую цветное зрение человека. При быстром включении ламп установка безошибочно распознавала цвет и его интенсивность. Интересно, что установка имела те же недостатки, что и зрение человека. Например, если после интенсивного красного света включить оранжевый, то он в первый момент покажется синим или зеленым.

Знаете ли вы, что по поведению медузы можно узнать о приближающемся шторме?

Функцию предупреждения здесь выполняет особый орган — статоцист, который имеет следующее строение.

Это стебелек, оканчивающийся расширением, наполненным жидкостью, в которой плавают известковые образования — статолиты, раздражающие нервные окончания. Малейшее трение волн о воздух с частотой в 10—12 колебаний в секунду медуза «слышит» и реагирует на них, благодаря чему узнает за 12—15 часов о приближающемся

шторме и уходит в море, чтобы не разбиться о прибрежные скалы.

Изучив это приспособление, советские ученые сконструировали прибор, позволяющий определять наступление



шторма за 10—15 дней. Моряки, находящиеся вдали от берега, могут быть спокойны — прибор укажет, когда необходимо заходить в гавань, чтобы не разбиться о скалы и рифы.

Новые возможности перед наукой открывает изучение специального органа гремучей змеи — термолокатора, ко-

торый воспринимает тепловое излучение и реагирует на изменение температуры излучающего тела. Этот орган используется змеей для отыскивания жертвы.

Созданный в наши дни термолокатор в два раза чувствительнее термолокатора гремучей змеи.

А как «видят» в темноте летучие мыши? — С помощью эхолокации. Летая с открытым ртом, животные легко различают препятствия, излучая направленные, собранные в узкий пучок, звуковые волны. Причудливые наросты на голове мышей являются необходимой частью локатора. Характерно, что некоторые виды мышей летают с неподвижными ушами, другие — постоянно двигают головой и вибрируют ушами. Точность ориентации мышей в полете достигается и при наличии шума, в то время, как нормальной работе наземных локаторов мешают различные помехи.

Таким образом, техническая характеристика и устройство «локаторов» насекомыхных мышей еще долго будут интересовать умы ученых.

Подобным же образом, только с применением гидролокации, ориентируются в воде бурые дельфины. Локаторы этих животных отличаются большой точностью и дальностью действия, поэтому значительно превосходят современные гидролокаторы.

Дельфин определяет породу рыбы на расстоянии более 3 км. Для связи между собой бурые дельфины издают щелкающие звуки частотой от 40 до 400 гц, а с целью обнаружения других объектов — с частотой от 750 до 300 000 гц. Но здесь еще не все известно, хотя есть уже приборы надежной гидролокации, применяемые в судоходстве и подводном флоте.

Долгое время ученые не могли решить вопрос о подводной разведке. Имеется в виду выслушивание шумов двигателей подводных лодок.



Старые гидрофоны, изобретенные в первые годы нашего столетия, улавливали работу двигателей лодки лишь при условии, если сам корабль-охотник стоит на месте с включенными двигательными системами. Интересно, что ухотюленя способно хорошо улавливать звуки даже при сильных помехах (движении животного). Моделью новейшего гидрофона и явился орган слуха тюленя.

Если вам приходилось наблюдать мерцание нескольких светлячков, то вы, видимо, обратили внимание, что они «мигают» с одинаковой частотой. Это явление получило в кибернетике название самосинхронизации.

Светлячки подсказали грузинским ученым метод быстрого подключения резервных гидравлических электрогенераторов к магистральным линиям электропередач в период максимальных нагрузок.

Подключенные друг к другу генераторы работают в одном режиме. Такой метод дает возможность регулировать подачу энергии в систему и повышает ее экономичность.

Все чаще и чаще учеными поднимается вопрос об использовании колоссальных богатств мирового океана. Но для того чтобы поставить их на службу общества, человеку необходимо опуститься на довольно большие морские глубины. В некоторой степени эту задачу помогают решать акваланги и скафандры водолазов. Однако после глубоких заплывов аквалангисты и водолазы должны подвергаться декомпрессии, что отнимает много времени. Разрешить эту проблему отчасти помог водолазный колокол, опущенный с людьми на заданную глубину (130—150 м), служащий временно декомпрессионной камерой и лифтом.

В природе такой же подводный дом строит себе водяной паук-серебрянка и живет в нем по нескольку недель, не поднимаясь на поверхность. Свой домик он строит из паутины и другого строительного материала, а воздух для

дыхания приносит по пузырьку во время очередного погружения с поверхности воды.

Преследуя эту цель, ученые сконструировали искусственные жабры, способные извлекать из морской воды воздух и пресную воду. Первые эксперименты были проведены на хомяках, которых помещали в камеры, изготовленные из пластмассовой пленки. Через пленку из воды поступает только кислород, а углекислый и другие газы, выделяющиеся при дыхании, по законам парциального давления уходят в воду. Некоторое количество воды проходит через пленку, однако соль задерживается в порах ее, и обитатель камеры использует проникшую воду в качестве питьевой. Есть предположение, что если к органам дыхания человека подсоединить подобную мембрану, то он сможет дышать под водой, как рыба, в течение длительного времени и фантастический Икhtiандр станет явью.

Конструкция из такой пленки может обеспечить кислородом и водой экипажи подводных лодок. Из этого же материала можно изготовить кислородную палатку.

Проблема больных! Она волнует человечество с давних пор. Тесное содружество медицины и инженерной мысли решило многие проблемы, связанные с лечением больных, борьбой с увечьями и т. д.

Сенсационным было сообщение на бакинской конференции по бionике, что инженер А. Шнейдер изобрел биоэлектрический протез руки, способный подавать сигналы о тактильных и температурных ощущениях в нервную систему, как и настоящая рука. «Рука» ощущает потому, что на кончиках пальцев закреплены чувствительные к сжатию датчики. Сигналы от них изменяют частоту вибраций зуммера, расположенного у нерва, идущего к мозгу.

Многие инвалиды, на которых испытывали протезы, свободно чувствовали рукопожатия друзей и знакомых.

Таким образом удалось смоделировать воспринимающий и передающий механизм тактильной чувствительности.

Проблемой номер один у медицинских работников является лечение сердечно-сосудистых заболеваний. Разрабатывая методы лечения, ученые пришли к выводу о возможности замены изношенного, больного сердца искусственным. Такой пластмассовый орган был сконструирован и испытывался на животных. Он представляет собой небольшой шарик, разделенный на две части пружинистой мембраной. Нагнетаемый воздух вдавливают мембрану в верхнюю часть, и кровь, богатая кислородом, поступает в аорту. Возвращаясь в прежнее положение, мембрана отсасывает кровь из легких.

Совсем недавно появилась новинка — модель «резинового сердца». Особенностью его является то, что материал, из которого состоит «орган», может сокращаться и расслабляться подобно сердечной мышце.

А как «разговаривают» животные? Вести «разговор» с ними стало возможным лишь в настоящее время, когда биология пополнилась современными техническими методами исследования. Д. Корбот, например, вел «разговоры» с тиграми-людоедами, заманивая их в ловушку.

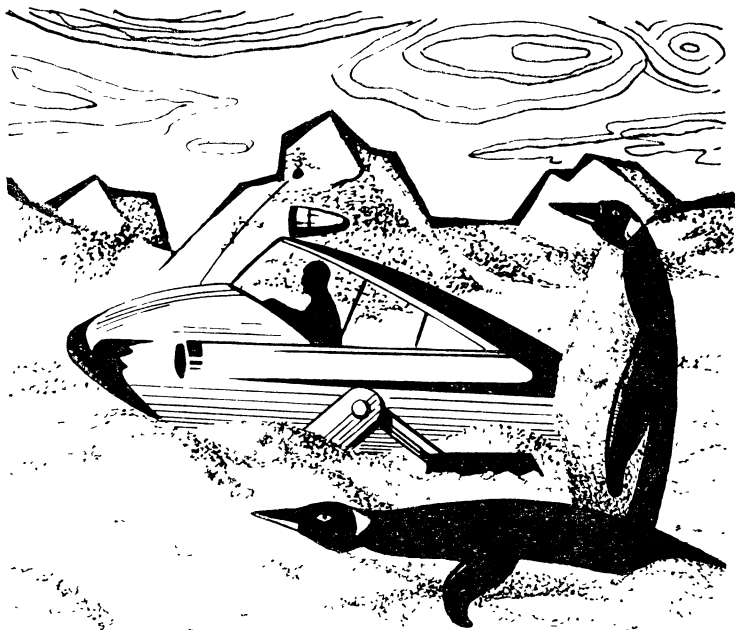
В журнале «Нива» профессор В. Нестеров подробно рассказывает о том, как применяют электронные приборы для отпугивания лосей, уничтожающих молодые лесонасаждения, чаек, мешающих полетам самолетов, и т. д.

Долгое время отдыхающим парижанам много беспокойства приносили стаи ворон в Булонском лесу. После установления отпугивающих приспособлений, издававших тревожный крик, покой был обеспечен.

После изучения «разговора» саранчи и комаров был предложен метод борьбы с этими насекомыми. Призывающий сигнал, записанный на магнитофонную ленту, собирает тучи комаров, которые всасываются с помощью насосов

в камеры и тут же уничтожаются. Поистине метод пряника и палки!

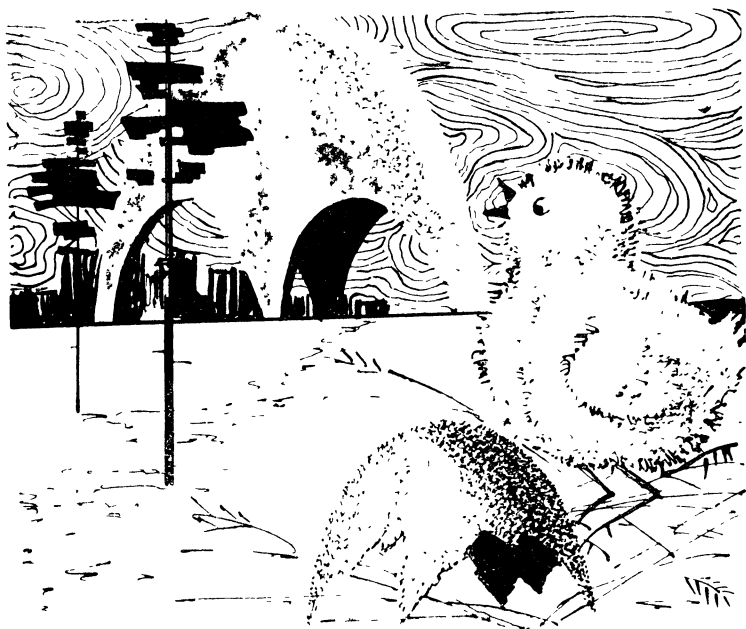
Акустические приманки получили применение и в спортивном рыболовстве. Внутри подводных поплавков и бле-



сен помещают несколько дробинки, которые, перекатываясь при движении, создают шумовые и ультразвуковые колебания. Шумы имитируют движение стаяк мелких рыб и этим самым привлекают хищников.

На этом принципе работает блесна-приманка «мурманка» и донный поплавок «самодур».

Мы уже говорили о том, что катящийся с горы камень, вероятно, подсказал идею создания колеса. Оно просто по своей конструкции, и мы не мыслим какой-нибудь движущийся агрегат без колес. Но вот появились шагающие ма-



шины. Первенцем их является шагающий экскаватор. В настоящее время идет разработка новых типов шагающих агрегатов. А. Л. Руссаковским и Э. Л. Михиным построена моторная шагающая повозка, напоминающая сороконожку. Проходимость машины удивительна. Она прекрасно движется по овражистой и болотистой местности.

Даже неуклюжий пингвин, житель Антарктики, заинтересовал инженеров. В условиях снежных зим и заносов колесный транспорт непригоден к использованию. Тут-то и «пришел» на помощь пингвин. Горьковскими инженерами уже сконструирована снегопроходческая машина, принцип движения которой заимствован у пингвинов. Машина может передвигаться со скоростью до 50 км в час.

Оказывается, скорлупа обыкновенного куриного яйца включает в себе инженерный секрет. Архитекторы и строители г. Дакара задались целью спроектировать здание местного театра без единой колонны. Здание театра должно было иметь форму громадного купола. При расчетах оказалось, что прочность такого сооружения будет незначительной. И вот тут-то на помощь пришла скорлупа куриного яйца. После тщательного изучения выяснилось, что секрет прочности заключен в тонкой эластичной пленке — мембране. Такая мембрана (конечно, не из куриного яйца) была использована строителями и дала ожидаемый результат: здание театра задуманной архитектуры было возведено. Прочность конструкции обеспечивалась за счет возникающих линий внутреннего напряжения, которые создавали облегчение другим элементам архитектурного сооружения.

Как вы думаете, чем обеспечивается прочность зеленого листа? — За счет «продуманного» расположения nervatury листа — тончайших трубочек, по которым движется клеточный сок. Изучив анатомию листа и его жилкование, архитектор Нерви предложил стометровые перекрытия из цемента толщиной всего в 4 см, которые были использованы при строительстве выставочного зала в Турине.

Особой прочности достигает свернувшийся лист. Строители разработали проект моста, прочность, легкость и изящество которого обеспечивается загнутыми краями, то есть

мост представляет собой точную копию полусвернувшегося листа.

Или еще пример... Тот же лист и плоские кости черепа напоминают по строению двутавровую балку.

Прочность трубчатых костей достигается своеобразным расположением по направлению действия силы тяжести костных перекладин губчатого вещества. Есть данные, что Эйфель, проектируя парижскую башню, исходил именно из этого.

Природа не терпит архитектурных излишеств. Взор человека все чаще обращается к ней. Поражает необыкновенная целесообразность и экономность, с которой живые существа создают свои организмы. Возьмём, к примеру, простейший одноклеточный растительный организм — диатомею.

Растение одето в прочный кремниевый панцирь, который под микроскопом предстает в виде замысловатых строительных деталей, микробалок и перекрытий, назначение которых — создание прочности. Часть этих приспособлений может быть воплощена в металл, бетон, пластмассу.

В планктоне живет множество видов одноклеточных организмов, имеющих кремнево-стронциевый скелет разнообразной конструкции. Например радиолярии. Эти крошечные организмы являются предметом тщательного изучения инженеров-строителей.

Трудную и пока еще не решенную задачу поставила природа перед биологами и инженерами по вопросу дальней ориентации животных. Вопрос усложняется ввиду большой сложности исследований и трудностями изучения тех групп животных, которые мигрируют на громадные расстояния.

С помощью метода мечения птиц удалось разгадать направления их миграций. Известны случаи, когда птицы перелетали на тысячи километров от мест обитания, притом значительная часть их пути лежала над морями. Существ-

вуют определенные закономерности перелета птиц — одни летят в меридиональном, другие — в широтном направлении.

Изучены миграции многих групп рыб. Угорь, например, выходит из рек бассейна Балтийского моря, пересекает Атлантику и нерестится в Саргассовом море.

Известный французский биолог Жан-Анри Фабр отмечал, что кошка вернулась в дом своего хозяина с расстояния 6 километров. Зарегистрирован случай возвращения кошки с 200-километрового расстояния, которое она преодолела за три недели. Тритоны и жабы тоже «стремятся домой». Отмечено, что зрение существенной роли в ориентации не играет. Например, тритоны, лишенные зрения, возвращались на «обжитые» места. Более существенную роль играют обонятельные восприятия, так как перерезка нервов, иннервирующих данные органы, значительно затрудняла ориентировку в пространстве.

Таким образом, мигрирующие животные должны быть снабжены точными навигационными приспособлениями, позволяющими находить те или другие географические координаты. Наличие таких приспособлений экспериментально доказано, механизм же самой ориентировки остается неизученным. До последнего времени считалось, что ориентиром при миграциях являются влияния магнитного поля. Однако последние данные говорят о том, что, например, ориентация у птиц осуществляется по положению звезд и солнца благодаря наличию «внутренних часов». Астронавигацией объясняют и миграцию многих видов поверхностных рыб. А как же быть с глубоководными? Видимо, здесь большую роль играют обонятельные органы и вырабатанный «хемо-инстинкт».

Жан-Анри Фабр в своей книге «Жизнь насекомых» рассказывает о способности осы-аммофилы обнаруживать мелких червячков, расположенных в глубине почвы. Везде, где



роется насекомое, можно найти червяка. Данные энтомологов говорят, что органы обнаружения добычи у осы — усики, которые являются органом обоняния. Но оказалось, что червь вообще не издает запаха и ко всему прочему лежит под слоем прелой травы и листьев, издающих запахи.

Существует предположение, что оса, постукивая усиками о почву, создает незначительные сейсмические колебания, которые отражаются от червя и воспринимаются насекомым. Возможно, оса сама воспринимает инфракрасные лучи или представляет собой своеобразную радарную установку. Выяснение этого вопроса внесло бы много нового в технику локации.

Изучение вопросов ориентации животных только началось. Созданная в настоящее время модель глаза жука — это указатель скорости движения самолета по отношению к земле. Сконструированные автопилот и гиротрон смоделированы с приспособлений стабилизации птиц и насекомых в полете.

Таким образом, изучение ориентации животных и ее техническое решение — задача ближайшего будущего.

## Живая химическая лаборатория



Реку жизни питают разные потоки. Это строительные материалы, энергия и информация. Каждый течет сам по себе, чтобы затем сойтись вместе в одной точке времени и пространства и создать молекулу белка, из которого построено все живое. Эти удивительные процессы совершаются в клетке — живой химической лаборатории.

В наше время исследовательские институты работают не только в области чисто биологических проблем, но и занимаются изучением «химико-технологических» процессов, происходящих в живой природе. Полученные данные несомненно двинут вперед технологию многих химических производств.

Человек как извечный ученик природы давно превзошел своего учителя. Наша промышленность получает вещества с такими свойствами, что природе остается во многом только позавидовать. Но в случаях, когда необходимо решать одни и те же химико-технологические задачи, пальма первенства, конечно, принадлежит природе. Приведем пример.

Предложенный Н. М. Эммануэле метод получения уксусной кислоты путем окисления сжиженного бутана явился основой создания передового и экономичного

технологического процесса. Процесс окисления происходит под давлением в 50—60 ат. при температуре 150—200° в больших емкостях, изготовленных из кислотоупорного металла.

В природе этот же процесс окисления производят микроорганизмы, выращенные в парафиновой среде.

Многие животные и растительные организмы способны накапливать в своем теле разнообразные редкие химические элементы, усваивая их из почвы и воды.

Эта способность некоторых видов бактерий была использована непосредственно на месторождениях цинка и меди.

Процесс обогащения руд заключается в следующем. Бактерии окисляют нерастворимые в воде соединения, содержащие соответствующий металл, и полученный раствор металла подают на поверхность. Таким образом, предложенный способ добычи руды не требует сооружения шахт, обогатительных фабрик, нужен только питомник бактерий и установка для отделения металла. Такой метод обогащения руд и извлечения металлов, примененный на Дегтярском медном руднике в Свердловской области, оказался эффективнее и экономичнее шахтного метода.

Известно, что микробы осуществляют множество «технологических» процессов, которые не под силу химической промышленности. Притом они быстро «приучаются» к определенному виду питания.

Используя это свойство микроорганизмов, стало возможным очищение нефти от засоряющих нефтепроводы веществ. Некоторые микробы превращают эти вещества в продукты, обладающие ценными кормовыми свойствами.

Известно, что в природе существуют бактерии, вырабатывающие электрический ток. При этом происходит разложение сахара на углекислый газ и воду. Взяв этот прин-

цип за основу, ученые изобрели биоэлектрический бактериальный элемент мощностью в 10 ватт.

А кому не известна роль витаминов в жизни организма и их применение в животноводстве? Наша химическая промышленность синтезирует некоторые витамины, но это дорогостоящий процесс. А микроорганизмы осуществляют эту работу быстро и дешево. Они способны из непищевого сырья синтезировать пищевые продукты.

Однажды внимание химиков и особенно химиков-текстильщиков привлек обыкновенный паук и его паутина. Еще в XVIII веке были связаны перчатки и чулки из паутины и был создан питомник по разведению пауков. Но эта работа оказалась очень трудоемкой. На промышленную основу дело не было поставлено, и паутиная текстильная промышленность (подобно шелковой промышленности) не возникла. Правда, паутина сейчас используется в точных оптических приборах. А между тем нити паутины могут конкурировать со многими искусственными волокнами.

Нити паутины намного прочнее стали, стекла и приближаются к прочности усиленного нейлона. Они легки и эластичны. О легкости их говорит следующий факт: нить, равная по длине земному экватору, весила бы всего 350 г. Значит, паутина имеет такие свойства, какими текстильщики стремятся наделить искусственные волокна.

Паук вырабатывает паутину из белковых веществ. Человеку же создать волокна из белка пока не удалось.

Прядильные органы паука расположены на задней части брюшка в виде бородавок. Синтез паутины из аминокислотных групп происходит в крови, откуда она в виде капелек попадает в железы. В случае надобности паутиная жидкость выдавливается из нее и на воздухе превращается в шелковистое вещество. Скрученные в растворе молекулы паутины, выходя через отверстия прядильного органа, как через фильеру, распрямляются в волокно. Характерно то,

что свойства и состав радиальных и спиральных нитей паутины различны.

Разновидностью паутины являются нити, в которые паук обволакивает свою жертву, а также кокон, защищающий яйцекладку от непогоды. Изучение показало, что все виды паутины резко отличаются друг от друга по химической структуре.

Есть интересная бабочка — шелкопряд, гусеница которой безо всяких машин изготавливает шелковое волокно. Специальные железы насекомого выделяют 30-процентный водный раствор фиброина в смеси с серицином, тоже белковым веществом. Содержимое желез поступает из насекомого в виде струйки. Подобно паутине, жидкость затвердевает еще раньше, чем испарится вся вода. В железистой жидкости молекулы находятся в спиральном состоянии. При вытягивании в струйку они распрямляются и ориентируются по ходу растяжения. Кроме кристаллизующихся элементов, в фиброине имеются ароматические аминокислоты. Они создают неустойчивость всей спирали к воде. Поэтому уже еле заметное ее вытягивание ведет к превращению в нерастворимую форму. В этом и заключается процесс превращения железистой жидкости в волокно. Здесь кроется важнейший секрет закодированной информации фиброина.

Человек еще не научился создавать искусственные белковые волокна. Первые попытки полимеризации одной аминокислоты — это уже шаг к решению этой заманчивой идеи.

Удивительной особенностью обладает жук-бомбардир. В двух отдельных камерах (железах) он вырабатывает вещества — гидрохинон и перекись водорода. Если животному грозит опасность, он смешивает два химических вещества в третьей камере. В результате бурной реакции происходит интенсивное выделение кислорода, и под его давлением

жгучая струя хинона выбрасывается из камеры, нанося смертельный удар противнику.

Изучение этого явления разрешит проблему хранения перекиси водорода. Исследователи предполагают, что организм жука вырабатывает вещество, препятствующее разложению перекиси водорода.

Природа в процессе эволюции выработала множество разнообразных приспособлений. Одним из них является аппарат для защиты и нападения у сколопендры. Это ночной хищник, скрывающийся днем под камнями, в трещинах скал. С наступлением темноты многоножка выходит из своего укрытия и направляется на охоту за насекомыми и их личинками, дождевыми червями. В качестве «поражающего оружия» сколопендра применяет своеобразный «газомет», расположенный у каждой ножки животного. «Оружие» представлено двумя видами желез, разделенных запирающей мышцей, которые выделяют особую жидкость. В случае опасности мышца сокращается и жидкость под давлением впрыскивается в расположенную рядом полость, где находится особый фермент. Под влиянием фермента в результате сложных химических превращений образуется сильнейший яд — цианистый водород. Вылетая из ножки, он молниеносно испаряется с образованием смертоносного облака. Добыча парализуется и становится жертвой сколопендры.

Если же опасность значительна, срабатывают все 360 газометов. Таким образом, в зависимости от опасности или величины жертвы, плотность «огня» меняется. Вот где пример экономного и рационального использования средств защиты и нападения.

Оказывается, существует более трехсот видов рыб, использующих для защиты и нападения электрические органы. Клетки данных органов сравнивают с элементами электрохимической батареи, в которой химическая энергия

преобразуется в электрическую. Коэффициент полезного действия такой «батареи» во много раз выше аккумуляторных батарей.

Уместно заметить, что древние римляне использовали электрические разряды скапа для лечения нервных заболеваний.

Говоря о превращении одного вида энергии в другой, например химической в механическую, обычно ссылаются на «искусственный мускул». Такая система была впервые создана двумя швейцарскими учеными. Мышечную ткань здесь заменяло вещество из группы молекулярных гигантов — полиакриловая кислота, изготовленная в виде тончайшей ленты.

В кислой среде лента представляет собой множество скрученных цепочек. В щелочной же среде молекулы кислоты принимают отрицательные заряды. Одноименные заряды, взаимно отталкиваясь, распрямляют молекулу до состояния ленты. Смена щелочной среды на кислую вызывает обратное действие — скручивание молекул. Если такую ленту отяготить грузом, то, скручиваясь и раскручиваясь, она будет поднимать и опускать груз, то есть совершать работу.

Есть данные, что сантиметровая лента, изготовленная из полиакриловой кислоты, поднимает груз весом до 100 кг.

А сколько интересного таит в себе живая клетка. Ведь это своеобразный химический комбинат, где при обычных условиях и с громадными скоростями происходит одновременно около двух тысяч химических реакций. Все реакции в живой клетке происходят в присутствии катализаторов. Сейчас в чистом виде выделено несколько десятков ферментов — биологических катализаторов, строение которых уже известно.

Например, ученым еще не совсем ясен механизм образования каучука под корой каучуконосного дерева гевеи.

Но при введении определенных химических веществ (катализаторов) в ткань дерева количество каучука увеличивается и значительно улучшаются его качества.

А сколько еще необыкновенных и до сих пор неизвестных превращений совершается в живом организме под влиянием и руководством ферментов — этих незаменимых «регулирующих» жизнедеятельности. Количество же их в организме незначительно. А если бы удалось получать их в больших количествах? Как бы шагнула вперед наша химическая промышленность, изменив на базе этих чудесных биологических ускорителей химических реакций многие химико-технологические процессы.

Одной из важнейших проблем химической бионики является проблема взаиморегулирования запоминающих устройств и разнообразных переключающих механизмов. Само собой понятно, что эта проблема должна решаться на молекулярном уровне.

В живой клетке таким запоминающим устройством, хранителем информации, является дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), передатчиком же информации, элементом, выполняющим «распоряжения» ДНК, выступает рибонуклеиновая кислота (РНК). Они контролируют образование белковой материи, регуляторами же в данном случае являются активные белки.

Итак, первостепенной задачей химической бионики является задача управления пока какой-нибудь одной молекулярной линией и создание саморегулирующегося технологического процесса на основе обратной связи. По этому поводу академик В. А. Энгельгардт сказал, что, «хорошо изучив азбуку ДНК и РНК, мы перейдем от чтения книги природы к ее написанию. Мы допишем ее своей рукой».

Из вышесказанного можно выделить три задачи, стоящие перед химической бионикой: получить ферменты (биокатализаторы), которые позволят значительно ускорить ряд



технологических процессов; получить самоориентирующиеся молекулы, которые сами или при участии человека превратятся в определенные изделия (паутина паука и шелковое волокно шелкопряда); найти «элементы», способные управлять саморегулирующимися процессами.

Отсюда не далек путь к получению искусственной живой клетки, а от нее, может быть, и к организму. Правда, здесь мы забежали слишком далеко вперед.

# *Электронные кибернетические устройства и умственная деятельность человека*



Уважаемый читатель, перенесемся на несколько минут в будущее. Межпланетный космический корабль со скоростью 11 км в секунду движется в просторах вселенной. На борту этого сверхзвукового и сверхдальнего «экспресса» находятся сотни пассажиров. Они вверили свои жизни в руки командира корабля.

Навстречу межзвездному кораблю мчатся пассажиры обратного рейса. В космическом пространстве движется множество метеоритов и других небесных тел. Скорость движения их необычайно велика, так как скорость движения двух тел, мчащихся навстречу друг другу, увеличивается вдвое.

Через окно, соединяющее кабину экипажа с пассажирским салоном, мы видим напряженные и сосредоточенные лица членов экипажа, их уверенные и четкие движения. В иллюминаторах мелькают небесные тела. Есть ли основания опасаться столкновения с метеоритами. Сможет ли командир быстро среагировать на сближение и уйти от опасного столкновения с метеоритом? Но лица пассажиров спокойны. Корабль продолжает свой путь к месту назначения.

Конечно, скорость реакции человека по сравнению с космическими скоростями недостаточна, чтобы предупредить столкновение с движущимися небесными телами. Но почему лица пассажиров спокойны, что гарантирует их безопасность?

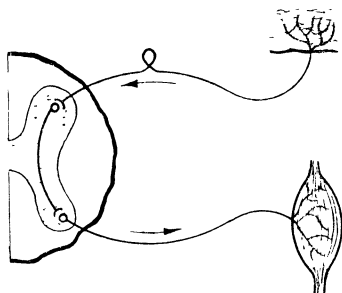
Оказывается, на борту межпланетного корабля установлено кибернетическое устройство, способное решать задачи в тысячные доли секунды. Превосходя возможности человеческого организма по скорости реакции на внешние воздействия, кибернетический аппарат оказывает несомненно громадную помощь человеку в решении многих задач. Человек может ошибаться, сомневаться, наконец уставать. И все это пагубно сказывается на точности и скорости решения той или иной задачи. Кибернетическое устройство лишено этих недостатков. Вот почему в нашем рассказе члены экипажа спокойны, а пассажиры не сомневаются в безопасности космического рейса.

Возникает вопрос: «Как это человек, обладая высокоорганизованной материей — корой больших полушарий, может быть в некоторых случаях подменен неживым организмом — машиной?»

Нет сомнения, что формирование, развитие и совершенствование нервной регуляции организма происходило и происходит под воздействием окружающей среды. Скорость воздействия внешней среды на организм наших предков не превышала десятков километров в час (скорость ветра, течение реки, бег животного, полет камня и т. д.). Поэтому организм человека в процессе эволюции приспособился реагировать с такой скоростью на информацию, поступающую из окружающей внешней среды.

Как показали многочисленные опыты, время от момента действия раздражителя до ответа на него исчисляется долями секунды, зависит от силы раздражителя и складывается из времени, обусловленного скоростью возникнове-

ния возбуждения в рецепторах, времени проведения его к центральной нервной системе, времени переработки или оценки его и времени обратного проведения нервного импульса к работающему органу. Время затрачивается и на исполнение той или иной информации.

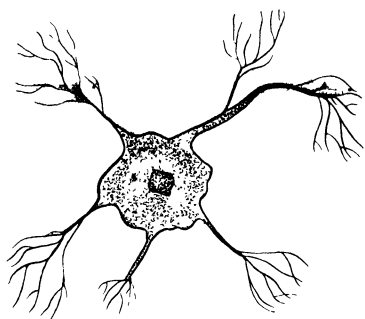


Весь путь, по которому идет информация (возбуждение), носит название рефлекторной дуги и схематически состоит из пяти частей.

Важнейшей частью ее является скопление нейронов, сконцентрированных в сером веществе головного и спинного мозга. При микроскопическом изучении нейрона в нем выделяют тело и отростки: один или два длинных аксона и множество коротких, ветвящихся дендритов. Дендриты имеют длину от долей миллиметра до сантиметра и служат соединяющими звеньями одной нервной клетки с другой.

В противоположность дендритам аксон человека достигает в длину до 1,5 м. Совокупность нескольких аксонов и составляет нервные волокна, которые образуют проводящие пути, осуществляющие связь рецепторов с определенными участками центральной нервной системы и обеспечивающие реакции того или иного органа и организма в целом. Названные участки и составляют нервную систему организма. Следовательно, при помощи нервной системы осуществляется связь организма с окружающей внешней средой, связь между органами, их системами, происходит регуляция и координация всех жизненно важных функций организма.

Одним из свойств нервной системы является проводимость. Поэтому раздражение, возникшее в воспринимаю-



щем аппарате (рецепторе), распространяется по нервным волокнам в виде нервного импульса, скорость которого достигает от 0,5 до 150 м в секунду.

Ответная реакция организма на раздражение (рефлекс) может быть лишь при наличии целостности рефлекторной дуги. При выпадении одного из участков ее рефлекс не осуществляется.

Знание всех этих свойств нервной системы дало возможность их технически смоделировать.

У нас в стране и за рубежом предложен ряд моделей нейронов. Самыми распространенными являются ламповые, транзисторные и магнитные модели, а также модели нейронов с использованием электрохимических и температурных явлений. К последним относится так называемый нейристор. Активной частью прибора является пластинка из термисторного материала. Рядом с ней располагается накопитель энергии — конденсатор. При возбуждении выделяемая энергетическая теплота нагревает определенный участок термисторной пластинки. Нагретый участок вызывает возбуждение рядом лежащих участков, они возбуждают соседние, и, если проследить весь ход местных возбуждений, следующих друг за другом, вырисовывается картина движения волн возбуждения.

Системы моделей нейронов используются при проектировании моделей запоминающих и счетно-решающих устройств. На этой основе созданы машины — перцептроны, имитирующие некоторые функции мозга — «распознава-

ние», «самоорганизацию», — сконструированы «читающие» машины, анализаторы речи и многие другие.

Началом рефлекторной дуги является периферический участок воспринимающих нервных окончаний, а концом — реагирующий орган.

По своей природе рефлексы бывают условные и безусловные. Безусловные рефлексы — врожденные, передаются по наследству и относительно постоянны. Проследить образование безусловного рефлекса лучше всего на спинальной лягушке, когда хорошо обнаруживается механический характер двигательного рефлекса. Например, при раздражении лапки кислотой или механическим воздействием происходит сгибание или разгибание ее.

Инженерной моделью безусловного рефлекса являются автоматы для выдачи спичек, газированной воды, растительного масла, тетрадей и другие.

320 лет тому назад французский математик, философ и натуралист Рене Декарт высказал мысль, что живые организмы подобны автоматам и механизмам, а их деятельность назвал отраженной (рефлекторной), значит, зависимой от воздействий окружающей среды. Таким образом, Декартом было сформулировано механистическое понятие о рефлексе. Подобно Ньютону, наблюдавшему за падающим яблоком и открывшему закон всемирного тяготения, Р. Декарт сформулировал понятие о рефлексе, наблюдая за фонтанами Тюильрийского парка. Секрет фонтана состоял в следующем.

Если прохожий, подходя к фонтану, наступал на замаскированную педаль, начинала бить струя воды. При нажатии на педаль натягивались тросы, открывающие клапан. Подобное, говорил Р. Декарт, происходит в живом организме. При уколе в руку нерв натягивается, открывает клапан, и животные «духи» мозга поступают к соответ-

ствующим мышцам. Мышцы раздуваются и укорачиваются, что приводит к поддергиванию конечностей.

Но при наличии только безусловных рефлексов организм не мог бы так чутко реагировать на изменяющиеся условия внешней среды. Это достигается за счет образования и выработки условных рефлексов.

И. М. Сеченов впервые указал на роль рефлексов в деятельности головного мозга. Удаление у животных коры больших полушарий прекращает условнорефлекторную деятельность. Животное не реагирует на пищу, на опасность, не отличает хозяина от постороннего человека, становится совершенно беспомощным. Следовательно, у высокоорганизованных организмов кора является материальной основой условного рефлекса. Здесь происходит замыкание (образование) новых временных связей организма с внешней средой.

Чтобы образовать условный рефлекс, условный раздражитель (например, свет) необходимо подкреплять безусловным (пища). После нескольких повторений таких сочетаний животное выделяет слюну на свет.

До 1935 года существовал принцип трехэлементной рефлекторной дуги — раздражение, центр, ответная реакция. Советский ученый профессор П. К. Анохин впервые ввел понятие о четвертом элементе дуги — обратной связи, или обратной афферентации, которая включает понятие об эффективности и целесообразности данного действия. Это значит, что нервная система не может обеспечить полной реакции, целостного действия, не получив сигнал о правильности выполнения предыдущих «команд» (как себя «чувствуют» мышцы, железы, то есть все исполнители).

Принцип обратной связи был заимствован математиками, инженерами и взят в качестве основополагающего момента кибернетики.

Например, в Советском Союзе и во многих зарубежных странах сконструирован ряд моделей живых организмов, способных «вырабатывать рефлексy», «обучаться». Наиболее распространенными являются модели «черепах», построенные в СССР, Англии и США. Источником электрической энергии такой модели является аккумулятор, приводящий в действие два электродвигателя. Один двигатель сообщает черепахе поступательное движение, другой — вращательное. В качестве чувствительных воспринимающих «органов», рецепторов, использован фотоэлемент, дающий ответную реакцию на свет, и контактное устройство, замыкающееся при соприкосновении с предметами и при движении по наклонной плоскости. Весь механизм помещен в корпус, напоминающий утюг, а «органами» передвижения являются колесики. При встрече с тяжелым препятствием контактное устройство замыкается и «черепаха» обходит его, легкие предметы не являются помехой для движения, и она отталкивает их корпусом. При движении модель «выбирает» горизонтальную плоскость, так как на наклонной плоскости вновь срабатывает «контакт». В темноте она «мечется», проделывая сложный путь по направлению к источнику света, а при сильном освещении «черепаха» поворачивает в обратную сторону.

Модель находит свою клетку, в которой зажигается лампочка с определенной интенсивностью освещения. Если нужно, она сама подключается к зарядному источнику и самостоятельно отключается. В это время гаснет лампочка, освещающая клетку, и «черепаха» выходит из нее. Модель «узнает» себя в зеркале и долго передвигается рядом.

Одновременное воздействие «раздражителей» (звука и света) тоже приводит в движение «черепаху», если в качестве воспринимающих механизмов применить микрофон и фотоэлемент. Изолированное влияние только звука эффек-



та не дает. Неоднократное же сочетание света и звука вырабатывает определенный «опыт», и «животное» реагирует на звук, не подкрепленный светом.

Приведенная в качестве примера «черепаха» моделирует безусловные и условные рефлексy.

Сколько опасности таит в себе процесс извлечения смертоносного груза из земли и разминирования его. Ведь недаром говорят, что минер ошибается раз в жизни.

Чтобы обезопасить работу саперов, военные специалисты предложили новую модель робота-минера, испытания которого уже заканчиваются. Робот «подходит» к взрывчатке, берет ее «руками» и относит в безопасное место.

И все же ни одно из новейших кибернетических счетно-решающих устройств по своим возможностям и надежности не может сравниться с «решающим» устройством человеческого мозга. Чем сложнее строение машины, тем больше в ней разнообразных механизмов и выше вероятность поломки. Отсюда возникает проблема надежности. И нет сомнения, что усилиями ученых эта проблема будет решена.

## Неиспользованные возможности



Возможности природы поистине неисчерпаемы. Приглядитесь внимательнее к живым существам и вы найдете массу интереснейших особенностей.

В предыдущих главах говорилось о моделировании органов животных, приводились примеры создания целых систем приборов, имитирующих органы чувств и т. д. Но существует еще множество нерешенных вопросов. Известны удивительные приспособления животных, механизм которых еще не раскрыт.

Казалось бы, чем могут привлечь внимание обыкновенные мокрицы, обитающие во влажных местах. По данным зоологов Лейденского университета (Голландия) мокрица наделена способностью чувствовать изменение влажности атмосферы. Органы «влажности» мокрицы находятся у основания ее ножек. Своеобразные «гигрометры» представлены бугорками, покрытыми тонкой кожей, к которым подходят нервные окончания. На теле мокрицы таких «гигрометров» около 100. Тонкая кожа надежно защищает «прибор» от воды, но обеспечивает доступ воздуха к нервным окончаниям. Подобные органы чувств, реагирующие на изменение влажности атмосферы, обнаружены и у некоторых видов жуков.

Как вы думаете, какую роль играют извилины ушной раковины человека? Оказывается, они помогают определить местоположение источника звука. Возможным применением этого свойства в виде конструкции так называемого синтетического «наружного уха» могут быть устройства для подводных лодок.

А сколько беспокойств приносит судоходству мелководье. Между тем выход может быть найден, если сконструировать механизм, обладающий способностью двигаться по поверхности воды, как паук-водомерка.

О неисчислимых возможностях, которые таит в себе природа с точки зрения их технического использования, говорят и такие факты. Известно, что обычный локатор непригоден к использованию его под водой. А вот небольшая нильская рыба мормирус, или длиннорыл, имеет своеобразный локатор, безотказно работающий в толще воды. Эта загадка не дает покоя радиоинженерам. У нильского мормируса в хвосте находится «генератор», излучающий электромагнитные колебания. Распространяясь в пространстве, волны отражаются от всех предметов и улавливаются особыми органами, расположенными у основания спинного плавника. Видимо, поэтому эта рыба считается трудноуловимой. Она чувствует наличие сети, рыболовного крючка с приманкой, реагирует на приближение магнита.

Изучение своеобразного «локатора» мормируса и других рыб может обогатить науку и технику новыми принципами конструирования аппаратов для гидролокации.

В тропических районах Америки обитают летучие мыши-рыболовы, которые обнаруживают добычу сквозь слой воды с помощью частотно-модуляционных «сонов». Ставится вопрос о применении моделей этих приспособлений рукокрылых для «прозрения» людей, утративших зрение.

Совсем недавно ученые обнаружили, что волоски лапок обыкновенной комнатной мухи — это мгновенно действующая химическая лаборатория. Едва тронув лапками поверхность предмета, насекомое уже получает достоверные данные о составе и свойствах его. Вот это индикаторы, не правда ли?

Ученых давно волнует вопрос, как ориентируются животные и особенно птицы в пространстве. Как они находят дорогу «домой»? По какому «компасу» буревестник летит из Антарктиды к северному полюсу, а морские черепахи находят места кладок яиц за пять тысяч километров.

Множество животных обладает своеобразным свойством определять время. Это свойство было названо «биологическими часами». Не зря австралийцы избрали позывными своего радио крик кукабарры. Такими «биологическими часами» обладает наш петух.

Может ли человек с помощью приборов ощутить колебания волн частотой в четыре стомиллионных доли миллиметра. Нет! А вот водяной жук своими волосками такие ничтожные колебания поверхности воды улавливает. Механические колебания, равные диаметру атома водорода, ощущает саранча.

Кому не знаком шум, возникающий от трения встречного воздуха о крылья самолета. А бесшумный полет совы? Оказывается, крылья ее снабжены специальными глушителями. А какие преимущества в сравнении с современным летательным аппаратом имеет обыкновенная муха? Вам приходилось наблюдать свободное парение мухи в воздухе? Она может сесть на отвесную стену или потолок вниз спиной. Разве не является удивительным вертикальный взлет насекомого без разгона?

До сих пор остается загадкой, каким образом некоторые животные заблаговременно чувствуют наступление землетрясения или других стихийных бедствий.

Такую же загадку представляет собой факт самонаведения акул на жертву. Эта особенность основана на восприятии вибраций. Использовать это явление предполагается при создании управляемого оружия и в противовоздушной обороне.

В последнее время все чаще ставится вопрос о создании на каждом морском и океанском пароходе установок для опреснения морской воды. Кое-что в этом направлении уже сделано. Между тем окружающая нас живая природа полна таких сепараторов-опреснителей.

Например, когда человек притворно жалуется, о нем говорят, что он «льет крокодиловы слезы». Одно время утверждали, что крокодил никаких слез не проливает, но после исследований ученых Раагнара Финге и Кнута Шмидт-Нильсона сомнения исчезли. Оказалось, что крокодилы льют слезы, но не от избытка нахлынувших чувств, а от избытка солей в организме. Органы выделения крокодила — почки — не справляются с нагрузкой по удалению из организма лишних солей. На помощь почкам приходят особые железы, расположенные у глаз, через которые выделяются концентрированные солевые растворы.

Аналогичные слезные железы найдены у змей, ящериц и черепах, обитающих в море.

До последнего времени утверждали, что альбатросы, чайки и буревестники не пьют морскую воду, а только полощут клюв и глотку. Оказалось, что названные птицы все-таки пьют морскую горько-соленую воду. У некоторых из них обнаружены у глаз железы, через которые выводится избыток соли, благодаря чему ткани и клетки организма получают чистую опресненную воду.

У крокодилов и черепах соль выводится через отверстия у глаз, у птиц чаще всего через ноздри или продольные борозды на клюве, как у пеликана.

Например, ноздри буревестника представлены двумя

трубочками, в виде двуствольного ружья, направленными в сторону полета птицы. «Выстрел» воды, насыщенной солью, преодолевает сопротивление ветра, создающегося в результате полета.

Солевые железы представлены клубком трубочек мельчайшего поперечного сечения, оплетенных сетью кровеносных сосудов. Соль из крови через проницаемые стенки сосудов и трубочек попадает в основной канал железы, а оттуда по выводящим протокам — наружу.

Кит, конечно, не рыба, но он всю жизнь проводит в воде. От чрезмерного переохлаждения тело животного прочно защищает толстый жировой слой — своеобразная шуба. При быстром движении животного может произойти перегрев и гибель организма. Но у китов есть специальный регуляторный механизм, поддерживающий при любой активности животного постоянную температуру тела.

В отличие от других млекопитающих этот механизм у китов имеет свои особенности в связи с водным образом жизни.

Кровеносная система кита имеет сплетения в верхнем эпидермальном, среднем дермальном и нижнем гиподермальном слоях кожи. В результате такого расположения сосудов наружные слои кожи, омываемые водой, холодные, средние — менее охлаждены и, наконец, нижние остаются теплыми. В зависимости от того, движется ли животное или находится в состоянии покоя, кровь по «команде» из центральной нервной системы поступает в соответствующий слой кожных покровов. Местом интенсивной теплоотдачи у китов являются плавники. Центральный артериальный сосуд плавника спирально охвачен венозными сосудами, в результате чего кровь в сосудах течет в противоположных направлениях. Венозная кровь забирает часть тепла от идущей к периферии артериальной крови и таким образом снижает ее температуру.

При мышечных нагрузках температура тела повышается, а это влечет за собой увеличение кровяного давления. Просвет центрального артериального сосуда увеличивается, а венозного — уменьшается. Поэтому артериальная кровь приходит к тканям плавника с довольно значительным количеством тепла, где и отдает избыток его.

Не меньшую загадку задали киты, способные нырять на глубину более 2 км.

Продолжительное время существовало мнение, что бурый жир животных, впадающих в спячку на зиму, является только шубой, предохраняющей животное от замерзания. По последним данным — это своеобразная автоматическая печка. Чем сильнее мороз, тем интенсивнее идет окисление жира, а вслед за этим происходит нагревание крови. Если понижение температуры грозит животному гибелью в сонном состоянии, то продукты окисления бурого жира, поступающие в кровь, подают сигнал в мозг и животное просыпается.

Роль небольшого количества бурого жира, имеющегося у человека, еще не выяснена.

Много беспокойства приносят инженерам и конструкторам трущиеся поверхности шарнирных соединений. Для уменьшения трения применяются разнообразные смазочные материалы, всевозможные подшипники. И все же совершенства достичь в этом вопросе пока невозможно.

Между тем природа — этот извечный учитель — создала такой идеальный шарнир. Им являются человеческие суставы. Коэффициент трения их во много раз меньше, чем у лучших шарикоподшипников. Предполагалось, что совершенство достигается особыми свойствами жидкости, выделяющейся в суставную сумку. Однако подшипники, смазанные этой жидкостью, работали так, как будто их смазывали речной водой.

Предполагается, что низкий коэффициент трения в су-

ставе объясняется особенностями поступления жидкости на трущиеся поверхности. Однако это еще не ясно.

В науке случаются парадоксы — сложно устроенный глаз человека изучен лучше, чем глаз насекомого. Понятно, что при изучении свойств зрительного анализатора человека, испытываемого спрашивают и он отвечает. Этим приемом не воспользуешься, когда перед тобой насекомое.

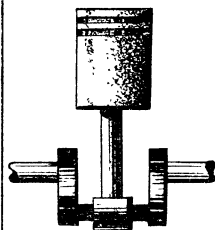
И все-таки изучение глаз насекомых оказалось возможным с помощью биотоков.

В глаз ночной бабочки были введены тончайшие электроды. Биоэлектрический сигнал, полученный из глаза через усилитель, передавался на экран осциллографа. Кривая на экране на мигающий свет давала характерный подъем, волна же соответствовала включению лампочки. Это было прямым доказательством того, что насекомое видит.

Исследования А. Калининой, Л. Леньшиной и М. Провсирниной показали, что многие бабочки различают не только цвета в видимой части спектра, но и инфракрасные лучи.

Такое свойство глаза насекомого может быть с успехом использовано в военной технике.

Или, например, осциллограф, подключенный к глазу таракана, реагировал на ионизирующие излучения. Таким образом, таракан «увидел» радиацию. Этим удивительным свойством обладают некоторые виды микробов, моллюсков, мышей и, по последним данным, лягушек и саранчи.





Но и здесь много нерешенных вопросов, установлен лишь факт восприятия радиации. Известно, что органом обоняния насекомых являются усики. Животное с удаленными усиками не различает всей гаммы запахов. Считают, что самым тонким обонянием обладают пчелы, различающие запахи 43 видов эфирных масел и многих других ароматических веществ, не имеющих никакого значения в их жизни. Насекомые улавливают запахи за десятки километров. Так, самец бабочки улавливает запах самки, находясь на расстоянии 10—12 км от нее.

По гипотезе Эймура и Дэвиса у каждого ароматического вещества своя форма молекулы. У летучих веществ камфары она имеет форму шара, у мускусных — в виде диска. В свою очередь в каждой клетке органов обоняния есть углубления определенной формы и размеров. Молекула определенной формы должна лечь в соответствующие углубления обонятельной клетки, и животное различает запах.

Есть предположение, что молекуле не обязательно соприкасаться с обонятельной клеткой, последняя улавливает даже возможные излучения молекулы.

Запахи воспринимают и другие виды животных, в частности киты. В складках рогового эпителия языка зубатых китов имеются клетки, воспринимающие незначительные изменения химического состава воды. Усатые киты воспринимают колебания химизма воды парными углублениями на конце рыла. Наблюдения показали, что эти животные находят кратчайший путь движения к планктону, который скапливается в наиболее благоприятных по солености водах.

Видимо, киты очень точно определяют степень солености морской воды в силу совершенства воспринимающего аппарата.

Остается загадкой механизм восприятия звуков тимпальными органами кузнечика, расположенными на голени.

Принцип их работы сводится к колебаниям мембраны, а она в свою очередь передает возбуждения к нервным клеткам. Кузнечик воспринимает колебания от 300 до 80 000 *гц*.

Тимпанальные органы цикад и саранчи, расположенные на брюшке, улавливают колебания до 15 000 *гц*.

Оказалось, что стрекот кузнечика — его своеобразный «разговор». Животное реагировало на искусственный «зов». И чем выше становилась частота «зова», тем ориентация на звук была точнее. Это явление пока еще не нашло объяснения.

Еще больше удивляет тот факт, что кошки и особенно крысы способны воспринимать рентгеновские лучи.

Особенно чутко животные реагируют, если рентгеновские лучи направлены прямо в нос. Впоследствии было выявлено, что кошки и крысы органами обоняния улавливают озон, образующийся из кислорода при прохождении через воздух лучей Рентгена.

Прибрежные зоны Калифорнии и Австралии ежегодно на несколько дней являются опасными для купания; причиной тому — появление у берегов ярко окрашенных животных — сифонофоров. Животное снабжено щупальцами, способными выделять ядовитую жидкость. К самостоятельному движению сифонофоры не приспособлены и носятся по океану, гонимые ветром. Дело в том, что они снабжены тонким высоким «парусом», идущим вдоль плавательного пузыря или пневматофора. Своеобразная форма и постановка «парусов» не дает животным двигаться в одном направлении и быть выброшенными на сушу.

А как не хватает таких моделей нашей гидрологии и метеорологии. Предполагается использование S-образного паруса для плавающих буйков с соответствующей аппаратурой, которые не прибывались бы к берегу, а регулярно возвращались в заданные места.

Всем известно свойство хамелеонов менять свою окраску соответственно фону местности и становиться незаметным. О том, какую роль играет маскировка в военном деле, говорить не приходится. Поэтому военные специалисты сейчас работают над созданием самомаскирующихся материалов, которые способны изменять окраску соответственно цвету местности.

Развитие радиолокации поставило перед специалистами и другую задачу — создание самолета, способного поглощать радиолокационные излучения и быть неуловимым для всевидящего глаза локатора. Поиски пока безуспешны. Между тем природа знает такие антилокационные вещества, которыми покрыты некоторые виды бабочек. Верхние покровы этих насекомых поглощают ультразвуковые импульсы летучих мышей и становятся неуловимыми для последних.

Ноги паука совершенно лишены каких-нибудь мышечных волокон, но между тем он довольно быстро бегает, а некоторые виды и прыгают.

Каков же механизм передвижения паука?

Было установлено, что конечности его представляют собой гидравлический механизм, а кровь — жидкость, создающую давление. В момент прыжка или передвижения давление крови в лапках значительно увеличивается, притом «искусственная гипертония» наступает мгновенно. Таким образом, вместо мышц срабатывает гидравлическая система, которая и дает возможность совершать прыжки в десятки раз выше собственной величины паука.

Каким образом происходит повышение кровяного давления, еще не известно биологам, но инженеры-машиностроители ждут этой разгадки.

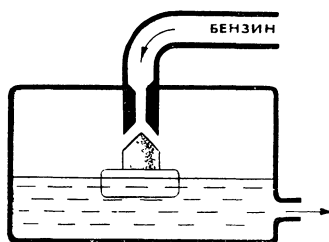
При реконструировании старых городов строителям часто приходится взламывать асфальтовое покрытие дорог

для прокладки кабеля и труб различного назначения. А какую экономию государству дало бы изобретение горизонтально роющих устройств. Между тем, если присмотреться к работе крошечных морских червячков приапулид, то мы будем иметь пример экономного гидравлического механизма для прокладки горизонтальных каналов и туннелей под грунтом.

Приапулиды имеют мускулистое тело, полость которого заполнена жидкостью, и хоботок, являющийся основным бурильным приспособлением. Хоботок усажен полутора тысячами шипиков. Сокращение задней части мускулатуры и расслабление передней с силой посылает вперед хоботок, который делает в грунте тонкий ход. Затем ход обжимается и расширяется под давлением жидкости, поступающей в хоботок, после чего «бур» убирается и животное готово к следующему «тарану». Есть предположение, что червь при движении использует и поворотные движения хоботка с шипами.

Уже многие государства испытывают нехватку бензина, которая еще более ощутится через 10—20 лет в связи с увеличением количества машин. Вертолет за час полета расходует 4—5% запаса горючего, реактивный самолет — 12%.

Если вам, дорогой читатель, на досуге приходилось гоняться за бабочками, то вы, наверное, заметили, как они из еле порхающих созданий превращаются в скоростные махолеты, развивающие скорость до 30—40 км в час. Изучение динамики полета насекомых показало, что машущий полет несовершенен, так как расходует больше энергии, чем при любом другом виде передвижения. Так, синяя муха теряет за час полета до 30% своего веса. Такая затрата энергии происходит оттого, что в качестве энергетического материала используются углеводы. А вот горючим материалом для мышечного двигателя саранчи являются запасы жира. Потери в этом случае невелики — всего 0,8%



веса за час полета. Видимо, у саранчи стоит поучиться экономии полета.

Экономии можно позавидовать и некоторым сухопутным и морским животным, имеющим «лампы холодного свечения». Оказывается, такие источники света значительно экономнее обычных ламп накаливания.

Мы уже упоминали, что вся многообразная деятельность живого организма возможна лишь при наличии разного рода регуляторных механизмов. Взаимосвязь органов в организме осуществляется при помощи нервной системы и через кровь. Эти регуляторы и поддерживают обмен веществ на оптимальном уровне. Так, увеличение сахара в крови вызывает сдвиг ферментативных процессов, направленных на превращение глюкозы в гликоген, который откладывается «про запас» в печени и мышцах. В случае обратного явления в организме начинается расщепление и расходование гликогена.

Такая саморегуляция характерна для всех биологических систем.

Теперь обратимся к механизмам и вспомним, как работает регулятор Уатта в паровых двигателях, контактные термометры в термостатах или обыкновенный холодильник.

По принципу саморегулирующихся систем работает поплавковая камера автомобильного карбюратора: при снижении уровня бензина опускается поплавков, открывается клапан и камера наполняется бензином. С увеличением количества горючего поплавков всплывает и клапан закрывается.

Эволюция животного мира имеет историю в миллиарды лет. Развитие и изменение живой природы не завершено,

а происходит и в наши дни. Отсюда и безграничны возможности бионики. Мы говорили о моделировании органов и их систем, приводили примеры моделей регулирующих механизмов.

Наконец, изучение и использование биологических законов представляет интерес для планирования и построения экономики общественного строя.

Приведем такой пример. В живом организме, кроме процессов всасывания, осуществляется откладывание запасных питательных веществ. У рыб такие «склады» невелики, а у курдючных овец и верблюдов они вместительны. Чем меньше в организме запас питательных веществ, тем больше зависимость животного от окружающей среды. Верблюды же, имея солидный «склад», менее зависим от внешних условий, но становится неповоротливым и малоподвижным.

Эволюция выработала правильное соотношение между производством, потреблением и запасами животных, то есть вся система работает на оптимальном режиме.

Таким образом, использование принципов организации живого организма, его органов и систем открывает неограниченные возможности для развития навигации и транспорта, медицины и педагогики, статистики и электроники, архитектуры и строительства, разработки методов борьбы с вредителями сельского хозяйства. Отсюда следует, что вопросами биологии должны интересоваться не только специалисты, но и инженеры и математики, социологи и экономисты. Такое тесное и действенное содружество активно поможет техническому и социальному прогрессу.

## ЛИТЕРАТУРА

- Анохин П. К.— Физиология и кибернетика. Философские вопросы кибернетики. Соцэкгиз. М., 1961.
- Асташенков П. Т.— Что такое бионика. Воениздат. М., 1963.
- Биология и кибернетика. «Природа», № 7, 1962.
- Крайзмер Л. П.— Бионика. Госэнергоиздат. М.— Л., 1962.
- Прохоров А. И.— Бионика. «Знание». М., 1963.
- Акимушкин И. И.— Открытие шестого чувства. «Знание». М., 1964.
- Асратян Э. А. и Симонов Н. В.— Надежность мозга. АН СССР. М., 1963.
- Гуляев П. И.— Мозг и электронные машины. «Знание». Л., 1960.
- Фабр Ж. А.— Жизнь насекомых. Учпедгиз. М., 1963.
- Прохоров А. И.— Что такое бионика. «Знание». М., 1965.
- Гудожник Г. С.— Место бионики в системе наук. «Знание». М., 1965.
- Михайлов В. Н.— Регулирование в биологии. «Знание». М., 1965.
- Самвелян К. В.— Патенты насекомых. «Знание». М., 1965.
- Эшби У.— «Наука и жизнь», № 8, 1962, № 1, 1963.
- Журналы «Наука и жизнь», № 1, 2, 7, 1967.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Моделирование органов . . . . .	6
Живая химическая лаборатория . . . . .	25
Электронные кибернетические устройства и умст- венная деятельность человека . . . . .	33
Неиспользованные возможности . . . . .	41



*Евгений Иванович Кавакевич*

**Школа природы**

(заметки по бioniке)

Издательство «Народная асвета»  
Государственного комитета  
Совета Министров БССР по печати,  
Минск, Ленинский проспект, 85.

Редактор Т. Н. Кондратьева  
Художественный редактор А. К. Лисичников  
Технический редактор М. Р. Калиберова  
Корректор Л. В. Докучаева.

АТ 07401. Сдано в набор 9/IV 1969 г. Подписано к печати 22/VII 1969 г. Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Физ. печ. л. 1,75. Усл. печ. л. 2,45. Уч.-изд. л. 2,17. Тираж 16000 экз. Заказ 1663. Цена 5 коп. Бум. тип. № 1.

Полиграфкомбинат им. Я. Коласа  
Государственного комитета Совета Министров БССР  
по печати,  
Минск, Красная, 23.

Цена 5 коп.