



Борис Федорович Сергеев

Тайны памяти (с иллюстрациями)

Sclex

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=160251

Сергеев Б.Ф. Тайны памяти: Цитадель; М.; 1995

ISBN 5-7657-0002-0

Аннотация

Эта книга заинтересует каждого, ведь она увлекательно рассказывает о самом удивительном, что создала природа, – о мозге. О том, как он развивался, какой его отдел чем заведует и как воспринимается, кодируется и передается информация обо всем, что происходит внутри и вокруг нас, а также о памяти, творчестве, речи. О социальном и биологическом, о врожденном и приобретенном в работе мозга, о различных проблемах, которые в связи с этим возникают.

Содержание

Рассветы и сумерки магов	6
С первым апреля, иети!	6
Нинель, Бендер и привидения	12
Важнейший килограмм	27
От 1020 до 1970	27
Первый закон диалектики	32
Смотря чем стукнуть	36
Миллиардер	41
Слуги и господа	48
Дубинушка	52
Пути снабжения	61
Нить Ариадны	66
Зачем собаке пятая нога	66
В лабиринте	71
Посредник	78
Оружие «Золотого короля»	78
Двери	83
Замок и ключ	90
Вниз по лестнице, ведущей вверх	104
Колумб мозга – Герофил	104
Лестница	107
Кирпичики	115
Одноногая Мег	126

Портняжка из Берлина	134
Потерянный процесс	143
Все течет	143
Проклятый вопрос	156
Двойняшки	164
Пять парадоксов	164
Чердак	169
Раздвоение личности	172
Труженик и тунеядец	178
Травка, Фунтик, Рубикон и другие	189
Социальная прибавка	197
Лошадка, на которой ездит наш мозг	205
Где же зарыта собака?	214
Окна в мир	223
Подоконник	223
От сложного к простому	230
Я милого узнаю по походке	246
Искры из глаз	253
Информация звуковых волн	257
Криминальная история	262
Добчинский и Бобчинский	274
Чтоб собеседник нашу мысль постиг	274
Сорока на хвосте принесла	279
Ау, Аэлита!	296
Запретная зона	301
Мы и вундеркинды	307

Любят девушки у нас поговорить	311
Почему Ньютон родился в Европе	316
Кладовая	323
В поисках клада	323
Ум долгий, ум короткий	329
Пилюли из вашего дедушки	341
Волки и овцы	358
Архивариус нашего мозга	363
Киностудия «Морфейфильм»	370
Законодательство Суффолка	370
Учитесь видеть сны	387
Мне грустно потому, что весело тебе	400
Голод не тетка	400
Закон всемирного тяготения	408
«Я, Бег-Эльги...»	422
Не капай мне на мозги	430

Борис Федорович Сергеев

Тайны памяти

Рассветы и сумерки магов



С первым апреля, иети!

Первое апреля – день хитроумных обманов и шуток. Любят его повсеместно. В игре участвуют все, от мала до велика. Необходимо лишь обладать чувством юмора.

В Ленинграде обычно появляются слухи о поступлении в зоопарк снежного человека. Распространяют слух загодя, а часто вообще никак не связывают с первым апреля. Видимо, о подобных шутках вспоминают, когда финансовый план зоопарка оказывается под угрозой невыполнения.

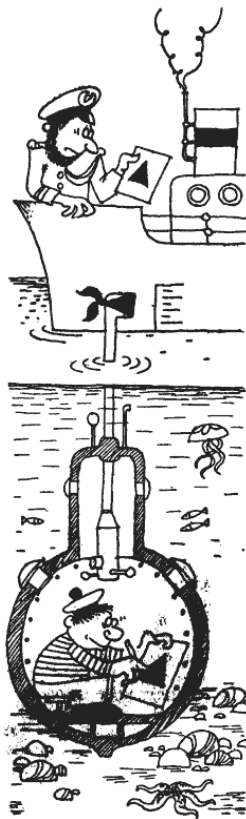
Шутка о снежном человеке старая, как говорится, с бородой. Лет этак 10–15 назад один из польских научно-по-

пулярных журналов напечатал в своем апрельском номере 10 шуток. В их числе захватывающую историю о поимке целой семьи иети. В конце номера сообщалось, что сумевшего отыскать все 10 первоапрельских выдумок ожидает приз. Не знаю, почему кое-кто в Новосибирске не имеет привычки просматривать журналы до конца, но одна из областных газет перепечатала это сообщение, ни словом не упомянув, что речь идет о шутке. Так с легкой руки журналистов и отправилась эта «утка», простите, семья иети, в турне по нашей стране.

Для буржуазной журналистики «утка» вещь вполне обыденная. В 1959 году Ж. Бержье и Л. Повелс почти одновременно опубликовали во французских научно-популярных журналах «Сьянс э ви» и «Констелясьон» поразительное сообщение, а чуть позже рассказали о нем в книжке, озаглавленной «Утро магов». Там говорилось, что 25 июня 1959 года из Портсмута под командованием капитана В. Андерсона вышла со специальным заданием в Атлантику подводная лодка военно-морского флота США «Наутилус».

Когда за кормой осталось свыше двух тысяч километров, лодка ушла на глубину и начался эксперимент. Он должен был доказать возможность передачи мысли на расстояние. Два раза в день, в точно назначенное время студент Дьюкского университета Джонс запирался в своей каюте, а его напарник Смит из лаборатории Вестингауз в штате Мэриленд, оставшийся на берегу, садился около электронной ма-

шины. В нее была вложена увесистая колода карт Зенера, тысяча картинок пяти разных видов: крест, круг, квадрат, звезда или три волнистые линии. Машина раз в минуту в совершенно случайном порядке выдавала карту Смиту. Он рассматривал картинку и напряженно думал о ней, пока машина не выдавала другую. В пучинах Атлантического океана, в штиль и шторм, в вёдро и в ненастную погоду Джонс улавливал мысли Смита (то есть, попросту говоря, отгадывал картинки) и записывал свои догадки.



Когда лодка вернулась к родным берегам, записи Смита и Джона сличили. Оказалось, что студент отгадал 700 картинок. По теории вероятностей правильных ответов могло быть лишь 40. Джонс превзошел математическую вероят-

ность более чем в 17 раз. Результаты, безусловно, потрясающие!

В трезвом послевоенном мире, давно отказавшемся от всякой мистики, книжка вызвала настоящую эпидемию. Даже весьма солидные ученые ринулись в спиритизм и телепатию. Газеты запестрели сообщениями о достижениях оккультных наук. Умопомрачение дошло до того, что в Ленинградском университете открыли специальную лабораторию для занятий телепатией. Несмотря на повальное увлечение, успехи новоявленной науки оказались скромными. Никто не смог представить доказательств возможности передачи мысли на расстояние.

Неудача не сломила телепатов. Если при очередной общественной проверке эксперимент не получался, скептиков, как слепых котят в молоко, тыкали носом в «опыты „Наутилуса“». Все телепаты дружно их славословили. Молчала, точно она ни при чем, только парапсихологическая лаборатория Дьюкского университета. Вначале молчание расценили как скромность ученых, поставивших эксперимент века. Потом полное равнодушие к своему исследованию стало озадачивать, и через два года группа американских журналистов решила провести расследование.

Результаты проверки кого угодно могли ввести в конфуз. Журналисты полагали, что успех экспериментов был слегка преувеличен. На деле оказалось, что никто их не проводил, и «Наутилус» в указанное время был совсем не в мор-

ских пучинах, а в сухом доке Портсмута. Откуда же высосали эти сногсшибательные данные авторы сенсации Бержье и Повелс? Нет, не из пальца. Просто до них дошел подобный слушок.

А как же с телепатией? Существует ли в природе такое явление или реальны только сами телепаты? Может быть, опыт с «Наутилусом» все же состоялся (ведь был слушок!), а молчание Дьюкского университета – обычная дезинформация, попытка сокрытия военной тайны?

В сходных опытах, проведенных без участия машины, нетрудно получить положительный результат. Человеческие мысли, решения, поступки отнюдь не являются случайными. Предложите сотне ваших знакомых выбрать три игральные карты (выбрать, а не вытянуть), и вы убедитесь, что некоторые будут выбираться многократно, а другие не назовет никто.

Наши вкусы, интересы, образ мышления зависят от воспитания, от окружающей среды. Бытие определяет сознание, а следовательно, при сходстве бытия закономерно сходство сознания. Правда, это не передача мысли на расстояние, а гораздо скромнее – их совпадение. Вот чем следует заняться любителям психологических экспериментов. Все остальное – «Сумерки магов», как называли французские ученые свой сборник, посвященный разоблачению оккультных наук.

Нинель, Бендер и привидения

С оккультными науками и прочей чертовщиной в западном мире более чем благополучно. Только в Европе курс парапсихологии читают в трех достаточно крупных университетах: в Утрехте (Голландия), Стокгольме (Швеция) и Фрейбурге (ФРГ), при последнем создан Институт пограничных явлений. В США парапсихологическими успехами особенно славен Дьюкский университет в штате Северная Каролина.

В Соединенных Штатах издается 20 астрологических журналов общим тиражом до полумиллиона экземпляров. Ежегодно публикуются миллионы гороскопов. Только в Западной Европе в них верит не менее 100 миллионов человек!

Отлично устроились и процветают всевозможные доморощенные лекари, знахари, колдуны. В 1782 году в Европе сожгли последнюю ведьму. В настоящее время физическое уничтожение женщин, заподозренных в колдовстве, запрещено законом. Ограничения вызвали появление новых методов борьбы с ними. Западная Германия насчитывает свыше 30 тысяч заклинателей ведьм. Каково? Сколько же немцы должны иметь ведьм, чтобы армия заклинателей не осталась без дела?

В когорте шарлатанов не последнее место занимают ясновидцы, спириты, телепаты, фотографы мыслей и иже с ними. Наша страна, увы, не испытывает недостатка в меди-

умах. Каждый сколько-нибудь уважающий себя город счел необходимым иметь собственного уникала: Конотоп – Елизавету Балашову, Харьков – Лену Близнову, Свердловск – Надю Лобанову, Баку – Тофика Дадашева, Ульяновск – Веру Петрову, Нижний Тагил – Розу Кулешову, Ленинград – Нинель Кулагину, Москва – члена-корреспондента Международной ассоциации парапсихологов Э. Наумова. Наибольшую известность получил всесоюзный медиум Вольф Мессинг. Здесь перечислены имена самых известных, о которых неоднократно появлялись сообщения в газетах.

На советской эстраде, кажется, один Михаил Куни не поддался всеобщей моде. Его выступления в отличие от Мессинга не только захватывающе интересны, но имеют и познавательное значение. Устояли и фокусники, несомненно имеющие право на звание чародеев.

Медиумы развернули бурную деятельность. Роза Кулешова довольно долго морочила голову целому коллективу исследователей! У нее «видела» кожа рук. Отчеты об этих «художествах» поместили толстые научные журналы. Более опытная Нинель Кулагина на публичных сеансах определяла руками цвета предметов (не дотрагиваясь до них), описывала рисунки, могла сказать, чей перед ней портрет, мужчины или женщины, а иногда называла его оригинал. Крупный шрифт она быстро читала, водя рукой на небольшом расстоянии над текстом, а мелкий – на ощупь, лишь изредка спотыкаясь на трудных словах. На костяшках домино, повер-

нутых рубашками вверх, подсчитывала количество очков. Опыты с контурными рисунками фигур и цветными бумажками, вложенными в темные конверты, она проделывала в темной комнате с темной повязкой на глазах. Пока эрудированные парапсихологи подыскивали разумное объяснение ее талантам, следственные органы поставили все на свои места, уличив Нинель и в уголовно наказуемом мошенничестве.

Неправильно думать, что медиумы – обычные жулики. Несомненно, каждый из них должен обладать известной одаренностью, некоторыми способностями, выходящими за рамки средних человеческих возможностей. Например, гипнотизировать или легко поддаваться внушению. Нинель Кулагина умеет вызывать на своем пальце покраснение и опоясывающую вмятину, как от долгого ношения обручального кольца. Под гипнозом, внушив, что к ее телу прикладывают горячий предмет, у Кулагиной легко удавалось получить покраснение кожи и водяной волдырь, обычную картину не очень сильного ожога. Спасаясь от суда, она вызывала самовнушением симптомы «острого живота». Врачи не считают возможным симулировать это, а Нинель так вживалась в образ, что без колебаний леглась на операционный стол. Желание верить в существование чудесного, таинственного, необъяснимого – всеобщее свойство человеческого разума. В наш прозаический век тяга к романтическому очевидна. Неудивительно, что весьма образованные и ученые люди разных стран не раз объявляли о признании телепатии. Не

углубляясь далеко в века, приведу лишь один пример. В 1923 году в Эдинбурге на Международном физиологическом конгрессе Рихтер объявил телепатию, а заодно и ясновидение установленными фактами и пообещал, что в самом ближайшем будущем отпадут последние сомнения в их реальности. Сколько раз с тех пор повторялись аналогичные категорические заявления перед не менее авторитетной аудиторией! А воз и ныне там!

Повторные приступы интереса к парапсихологии и знахарству нередко вызывались некоторыми деятелями искусства, литературы и титулованными особами. Обычное невежество последних широко известно. Неудивительно, что Хоме, самому удачливому медиуму прошлого столетия, покровительствовали сразу и французский король, и российский император.

Особенно радушный прием оказывали шарлатанам в Зимнем дворце. Последним Романовым долго не везло с наследником престола. В семье одна за другой рождались дочери. Исчерпав собственные средства, коронованная чета обратилась за помощью к богу. Не лично и не через русскую православную церковь, что еще можно было бы понять, а через особого посредника, косноязычного юродивого дурачка Митю Козельского. Несчастный отрок отчетливо произносил только два слова: папа и мама. С его легкой руки в интимном кругу Романовых так стали звать Николая II и его жену.

Все имевшие доступ к трону единодушно свидетельствуют, что даже в медвежьих углах России никогда не встречали людей, так безгранично веривших в чудеса, как «папа» и «мама». Любой фигляр, мало-мальски сносный фокусник или мошенник иного пошиба легко мог покорить царствующую чету. Николай II был действительно неуч, невежда, а императрицу Александру Федоровну, урожденную герцогиню Гессенскую, удостоил степени доктора философии один из лучших в то время Гейдельбергский университет.

Как ни странно, покровительство представителям оккультных наук нередко оказывали видные ученые. В их числе известный французский психиатр П. Жанэ, английский физик Баррет, французский физиолог лауреат Нобелевской премии Ш. Ришэ. Химик В. Крукс, открывший в 1861 году таллий, ручался за честность медиумов Хоме и Флоренс Кук.

Телепатией увлекались академик В.М. Бехтерев и К.Э. Циолковский, а спиритизмом – химик-органик и энтомолог А.М. Бутлеров. Вместе с писателем С.Т. Аксаковым он издавал журнал спиритов, телепатов и ясновидцев «Ребус». Деятельность Бутлерова и спиритические увлечения некоторых западноевропейских ученых Ф. Энгельс подверг жесткой критике в своей статье «Естествознание в мире духов». Нужно заметить, что телепатия до сих пор не добилась каких-либо успехов, позволяющих смягчить эту критику.

Настоящие ученые, беспредельно честные и преданные науке люди, не в состоянии поверить в существование бес-

совестных лгунов и незнакомы с ухищрениями, к которым прибегают шарлатаны. Уверенные в существовании еще не познанных наукой явлений и убежденные в своем умственном превосходстве, они не допускают и мысли, что могут стать объектом сознательного обмана.

Этим шарлатаны и пользуются. Такие ученые становятся для них легкой добычей. В частности, В. Крукс был настолько введен в заблуждение спириткой Ф. Кук, что не поверил, когда под старость она публично призналась, как долгие годы обманывала почтенного профессора.

Парапсихологическим опытам с медиумами всегда сопутствует сознательный обман исследуемого и непреднамеренный самообман исследующих. Почему-то способность к телепатии обнаруживают только жулики. Все знаменитые ясновидцы, спириты и телепаты в конце концов были уличены в мошенничестве. Большинство работает с напарниками. Чтобы общаться с ними, изобретают изощренные способы. Сообщения могут вплетаться в обычную разговорную речь, кодироваться позами, шарканьем ног, частотой и узором дыхания. Современные медиумы широко используют электронную технику, миниатюрные радиопередатчики, скрытые микрофоны и усилительную технику, позволяющую подслушивать чужие разговоры.

Положительный результат опыта иногда всего лишь следствие самовнушения. Возможность самообмана широко известна ученым. Уверенность в реальности изучаемого собы-

тия, желание получить экспериментальное подтверждение отстаиваемой теории нередко приводят к непреднамеренно ложному восприятию фактов. Недуг особенно часто поражает молодых исследователей, и каждый начинающий экспериментатор должен об этом знать.

Явления самообмана известны давно, хотя редко подвергаются специальному исследованию. Лишь в связи с телепатией внимание к ним усилилось. Интересные эксперименты поставил Гарднер в стенах Стенфордского университета (США). Один из участников угадывал карты, которые должен был извлекать из колоды второй. Первый называл карту раньше, чем она была вынута, так что здесь речь идет не о передаче мысли на расстояние, а о еще более таинственном явлении – предзнании. Иногда испытуемый называл все 25 карт, еще когда колода не стасована, как бы воздействуя своей психической силой на тасовальщика или на сами карты!

В опытах Гарднера было проведено 1000 угадываний. Теория вероятностей гарантировала, что случайных может быть не больше 200. Экспериментатор зарегистрировал 229 совпадений. Результаты свидетельствовали в пользу парапсихологии.

Иную картину выявила магнитофонная запись результатов опыта, о которой экспериментатор не знал. При сопоставлении протокола опытов с магнитной записью оказалось, что он содержит 46 ошибок, то есть угадывание произошло всего в 183 случаях, не чаще, чем допускает теория вероят-

ностей. Экспериментатор зарегистрировал как удачные все те случаи, когда испытуемый упоминал извлеченную карту, но в результате дальнейших раздумий приходил к иным выводам. При проведении повторного опыта исследователь знал, что ведется магнитная запись, и ошибся только два раза.

Второй эксперимент состоял в определении количества очков, которые должны выпасть на игральном костяке. Иными словами, то же психическое воздействие на кости или на человека, их бросающего. В нем участвовало 8 экспериментаторов. Четверо были сторонниками возможности внемного восприятия, остальные – его противниками. Ход опыта фотографировался скрытой фотокамерой, о чем его участники, естественно, не знали. Кинопротокол подтвердил, что внемное восприятие в данном случае отсутствовало.

Не все экспериментаторы с этим согласились. Те четверо, что верили в существование парапсихологических феноменов делали ошибки в сторону подтверждения своих представлений. Ошибки остальных имели противоположное направление. Я везде говорю – ошибки, так как были веские основания считать ошибочные результаты протоколов эксперимента непреднамеренными.

Между прочим, нет ничего удивительного и таинственного, когда испытуемые в аналогичных опытах правильно угадывают на 1–3 процента чаще, чем позволяет предполагать

теория вероятностей. Математическая модель опыта исходит из представления о равновероятных событиях. Это условие очень трудно воспроизвести.

Абсолютно идеальные игральные кости создать невозможно, какая-то минимальная асимметрия всегда будет, и это отложит хотя и слабый, но вполне определенный отпечаток на распределение очков. Манера их выбрасывания или тасования карт, кто бы это ни делал, человек или машина, также будет оказывать некоторое влияние на результат. Электронно-счетная машина, ознакомившись с результатами опытов, может выявить эти слабые закономерности и на их основе прогнозировать дальнейшие результаты более точно, чем средние медиумы.

Эксперименты парапсихологов всегда интересны. У них один недостаток: общественность информируется лишь о положительных результатах. Отрицательные замалчиваются; а для оправдания придумываются «неопровержимые» аргументы.

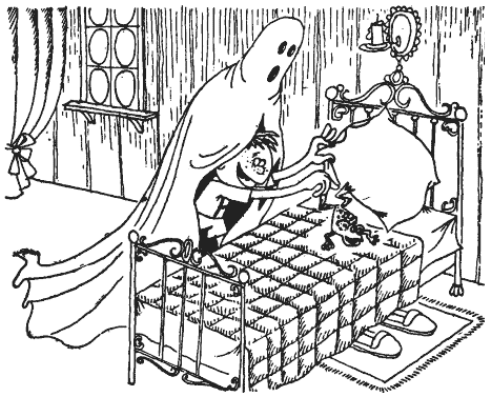
В 1946 году в Лаутере появились довольно странные привидения. Они упорно не хотели попадаться на глаза, давая знать о себе лишь мелким хулиганством. Привидения разбрасывали постели, засовывали под подушки всякую гадость, надкусывали сыры и колбасы, кое-что ломали, кое-что портили, в чай подсыпали соль.

Почему в середине XX века подозрение пало на привидения? Во-первых, среди обитателей Лаутера не было хули-

ганов, даже мелких. Во-вторых, оказывается, в промышленно развитой Федеративной Республике Германии до сих пор верят в существование привидений. Во всяком случае, епископство в Фрейзинге подтвердило, что демоны до сих пор существуют, и издало брошюру о шалостях сатаны.

Изучением лаутерского чуда занялся видный парапсихолог Бендер. (Должен подчеркнуть, что за деятельность этого Бендера И. Ильф и Е. Петров персональной ответственности не несут.) Стараясь быть объективным, он не счел необходимым безоговорочно подтвердить, что в числе подданных ФРГ есть привидения, но и не отрицал этой возможности.

Половинчатая позиция не могла удовлетворить подлинных ученых. Повторное расследование Шеффера легко обнаружило, что все чудеса – дело рук одного из мальчишек, в чем тот, не боясь порки (прошло четыре года), и признался. Вы полагаете, это обескуражило Бендера? Отнюдь! Он заявил, что дети не могут быть ответственны за подобные проступки, так как не исключено, что совершают их, подчиняясь медиумическому влиянию все тех же привидений. Что можно возразить против подобных доводов?



У парапсихологов есть излюбленный аргумент, что отрицание телепатии вредит науке. Почему вредит, обычно умалчивается. Аргумент невольно завораживает: кому придет в голову по доброй воле вредить науке? Между тем самые достоверные случаи передачи мысли на расстояние терпели провал, когда в их подоплеке пытались объективно разобраться.

В 1950 году в Мюнхене медиум-профессионал, выступая в кафе «Регина», неожиданно предложил загипнотизировать кого-нибудь из радиодикторов в момент его выступления по радио. Он выбрал одну из карт, с которыми выступал. На ней было написано три слова: регина, ромб, дама. Затем артист (читай – жулик) начал сосредоточенно «гипнотизировать». На другой день газеты сообщили невероятный факт: диктор южнокорейского радио внезапно прервал на полуслове пе-

редачу, чтобы после паузы передать в эфир по-немецки три бессмысленных для корейцев слова: Regina, der Raute, Dame. Это событие настолько потрясло самого загипнотизированного, что несчастный заболел нервным расстройством.

Уже известный читателю Бендер не преминул по этому случаю заявить, что замешательство и нервное расстройство диктора неопровержимо свидетельствуют о том, что он не был в сговоре с мастером оккультных наук. К сожалению, корейские власти о точке зрения Бендера не знали. Поэтому они учинили следствие над «пострадавшим» и установили, что незадолго до означенного события он получил из Мюнхена денежный перевод: по 100 марок за каждое слово. Недобросовестного диктора на три месяца упрятали в тюрьму. Мюнхенское чудо чудом не вошло в анналы достижений оккультных наук.

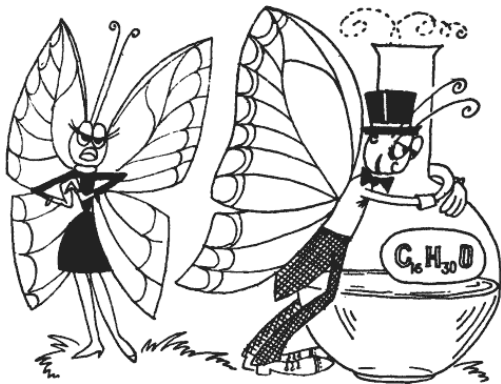
Современная парапсихология стремится выглядеть респектабельно. Она умеет строить наукообразные гипотезы, используя достижения в разных областях знаний. Правда, на деле каждая «теория» парапсихологов оказывается простым жонглированием научными терминами, но разобраться в их хитросплетении способен не каждый. Этим и пользуются парапсихологи и, надо сказать, пользуются широко.

Большую поддержку парапсихологии принесли еще не получившие удовлетворительного объяснения наблюдения зоологов. Давно известно, что самцы некоторых бабочек обнаруживают своих подруг на огромных расстояниях. Абсо-

лютные чемпионы – павлиноглазки, способные почувствовать самку за 11 километров. Самцы непарного шелкопряда и грушевой сатурнии «смотрят вперед» на 8 километров.

Логичнее всего предположить, что бабочки пользуются обонянием. Однако элементарный расчет показал, что количество пахучего вещества, которым располагает самка, исчисляется всего десятитысячными долями миллиграмма. Его концентрация в воздухе должна быть ничтожной, порядка одной молекулы на квадратный метр! Объяснить, как насекомые умудряются отыскивать эту затерявшуюся молекулу и как, найдя ее, догадываются, где самка, выделившая пахучее вещество, не удалось.

Нашлись ученые, предположившие, что бабочки имеют крохотные радиопередатчики. Догадка не подтвердилась. У бабочки непарного шелкопряда удалось не только выделить и изучить привлекающее пахучее вещество, но и синтезировать его. Оно так же сильно привлекает самцов, как и живая бабочка. Обонятельную теорию больше никто не оспаривает, хотя механизм улавливания запахов по-прежнему неясен.



Парапсихологи чаще всего передачу мысли на расстояние связывают с электромагнитными колебаниями. И обычно ссылаются на бабочек, полностью игнорируя тот факт, что эта теория уже опровергнута. В свете современной физики электромагнитная гипотеза несостоятельна. Подавляющее большинство физиков считают, что передача мысли на расстояние (имеются в виду значительные расстояния) с помощью известных науке форм энергии невозможна и не допускают существования еще не открытых ее форм.

Существование новых, еще неизвестных науке форм энергии для специалистов – вопрос престижа. Мне, биологу, проще допустить такую возможность. Я легко могу представить, что будущие открытия значительно упростят обмен мыслями между отдельными индивидуумами и целыми человеческими коллективами, в том числе и на большие

расстояния. Однако следует признать как неопровержимый факт, что до 1973 года никто из обитателей нашей планеты не обладал еще способностью, не прибегая к помощи обычных средств связи, обмениваться мыслями через тысячекилометровые пространства.

Важнейший килограмм



От 1020 до 1970

Наш дом – планета Земля даже в масштабах солнечной системы не очень велик и не чересчур стар. Ни своими размерами, ни местом под Солнцем Земля особенно не выделяется. Исключительной ее делает жизнь.

Паутинка живого вещества, покрывающая планету, тонка и рыхла даже в зоне лесов. Над пустынями она так истончается, что образуются дыры и прорехи. В общей сложности на Земле около 5 500 000 000 000 тонн живого органического вещества. Из этого количества 4 миллиона тонн является высшей формой организованной материи, веществом человеческого мозга – бесценным сокровищем нашей планеты. Совсем немного, особенно если учесть, что 4/5 мозгового вещества составляет вода.

Каждый из нас вносит свои 1020–1970 граммов в золотой

фонд планеты. Именно в этих пределах колеблется вес мозга нормальных людей. Мужчины вносят на 100–150 граммов больше женщин. Между отдельными расами серьезной разницы нет. Во всяком случае, не европейцы занимают ведущее место. Средний вес мозга африканских негров 1316 граммов, европейцев – 1361, в том числе немцев – 1291, швейцарцев – 1327, русских и украинцев – 1377. Вес мозга японцев – 1374, а бурят – даже 1508 граммов.

Один-два килограмма вещь немалая, почти два процента веса тела. Мозг – заметный орган, егоместилище – череп. Вот почему я не перестаю удивляться, что древние греки не заметили такого важного органа. По их представлениям, мысли рождались отнюдь не в голове, а в диафрагме – перегородке, отделяющей сердце и легкие от органов брюшной полости. Ее постоянные ритмичные движения, связанные с дыханием, оценивались ими как мыслепечатающий механизм.

Много это или мало, 1377 граммов? Достаточно ли у нас мозга?

В научно-фантастической литературе не раз проскальзывала мысль, что у наших не очень отдаленных потомков тело и конечности сильно уменьшатся и превратятся в слабые придатки к все разрастающемуся мозгу. История становления человеческого мозга таких предположений не подтверждает.

Величину головного мозга можно определить по разме-

рам черепа. У ископаемых австралопитековых человекообразных обезьян объем мозговой коробки был невелик – от 350 у австралопитека африканского до 650 кубических сантиметров у парантропа и прометеева австралопитека. Примерно такого же размера, 440–510 кубических сантиметров, мозговая коробка гориллы – наиболее крупного представителя современных человекообразных обезьян.

Значительное увеличение мозга произошло при переходе от высшей обезьяны к примитивному человеку. У наиболее древнего предчеловека, останки которого были обнаружены Е. Дюбуа на острове Ява, емкость мозгового вместилища возросла до 900 кубических сантиметров. Если бы еще требовались подтверждения для одного из законов материалистической диалектики о переходе количества в качество, лучшего примера не придумать.

Дальнейший рост мозга шел еще быстрее. У питекантропа он колебался от 750 до 900, а у синантропа увеличился до 915–1225 кубических сантиметров, то есть догнал мозг современной женщины. У среднего неандертальца нередко превосходил размером мозг современного европейца. Объем черепной коробки африканского неандертальца достиг 1325, а европейского – 1610 кубических сантиметров. Наконец, кроманьонцы были по-настоящему башковитыми ребятами с объемом мозга до 1880 кубических сантиметров.

Дальше величина мозга пошла на убыль. У европейцев он значительно «усох» за последние 10–20 тысяч лет. У крома-

ньонца средняя емкость черепа равнялась 1570, в верхнем палеолите – 1505, а у современного европейца – 1446 кубических сантиметров, то есть уменьшилась на 125 кубических сантиметров! Можно сказать, что мозг тает прямо на глазах. У египтян за какие-то 2–3 тысячи лет от царствования первой династии египетских фараонов до 18-й династии емкость черепа упала с 1414 до 1379 кубических сантиметров, примерно на кубический сантиметр каждые 100 лет.

Может, древние были умнее нас? Вряд ли, хотя им следовало быть выдающимися мыслителями. Ведь до всего нужно было доходить своим умом, все изобретать самостоятельно. Учиться было не у кого. Хочется думать, что уменьшение размеров мозга вызвано улучшением его конструкции и не сопровождается падением интеллекта.

Среди животных самым большим мозгом обладают киты. У синего кита он весит 6800 граммов, примерно в пять раз тяжелее человеческого. Вес мозга индийского слона около 5 тысяч, северного дельфина белухи – 2350, дельфина афалины – 1735 граммов. Сравнение не в пользу человека. Однако теория относительности была создана Эйнштейном, а не индийским слоном, и хозяином планеты, в том числе и ее океанских просторов, является человек, а вовсе не дельфины и кашалоты.

Как видите, вес мозга мало о чем говорит, особенно если неизвестен размер подчиненного ему хозяйства. А оно немаленькое. Порядочный кит – это 30 тонн жира, костей и мяса.

Слон весит около 3 тысяч, белуха – 300, а человек – всего каких-то 75 килограммов. У нас один грамм мозга командует 50 граммами тела, а у рядового кита – пятью килограммами, почти в 100 раз большим хозяйством. Если же взять китов-гигантов весом 100–150 тонн, изредка попадающихся в океане, то у них на один грамм мозга придется свыше 20 килограммов тела, огромная нагрузка для нервных клеток.

Первый закон диалектики

Кубометр березы даст значительно больше тепла, чем то же количество осины. Мозг мозгу тоже не ровня. Очень важно, из какого количества нервных клеток он построен. Особенно богат нейронами человеческий мозг. По подсчетам различных исследователей, только в коре больших полушарий их от 10 до 20 миллиардов. Недавно удалось экспериментально проверить, что происходит с умственными способностями при изменении числа нейронов, из которых построен мозг.

Среди серебряных карасей, живущих на Евроазиатском материке, самцы практически не встречаются. На нерест самки приглашают самцов других пород рыб. Настоящего оплодотворения при этом не происходит. Чужеродный сперматозоид, проникая в икринку, лишь стимулирует ее развитие, не внося наследственного материала своих хромосом. Однако развитие икринки протекает так, что в каждой клетке тела будущего карася, как и положено, хромосомы оказываются в двойном наборе.

Иногда среди серебряных карасей появляются самцы. Сперматозоиды некоторых из них способны оплодотворять икру и при этом добавлять в икринки свои хромосомы. Выросшие из такой икринки караси в каждой клетке своего тела содержат тройной набор хромосом. Таких животных на-

зывают полиплоидными, а точнее – триплоидными.

Ядра клеток полиплоидных организмов крупнее обычных. Ведь хромосом там больше, чем полагается. Пропорционально увеличивается и размер клеток. Зато их количество уменьшается. Крупных кирпичей для строительства здания требуется меньше, чем мелких. Значит, и мозг должен иметь меньше нейронов, чем у нормальных животных. Изучение интеллекта этих карасей показало, что они явно слегка глуповаты.

Эксперимент противоположного характера провели с мальками большеголовой тилапии. В средний мозг малька пересаживали мозговое вещество, взятое у другого малька. У юных рыб такие пересадки возможны. Ученые предполагали, что мозг их подопечных увеличится, а в самом главном для рыбы отделе значительно возрастет количество нервных клеток.

Вырастить удалось всего 10 рыбешек. Им устроили настоящий экзамен. (Проблема, надо сказать, не из легких. Не так-то просто придумать задачи, которые позволят увидеть превосходство одной рыбы над другой.) Критерием избрали способность рыб быстро изменять свои навыки. Для этого их обучали на красный свет плыть влево, а на зеленый – вправо. Когда навык оказывался прочным, рыб переучивали. Теперь они должны были на зеленый свет плыть влево, а на красный – вправо. Затем снова переучивали и так далее.

Ученых интересовало, сколько времени нужно для пере-

делки навыка. Нормальных рыб сколько ни тренируй, на каждое новое переучивание у них уходит столько же времени, сколько и на первое. Иначе обстоит дело у более развитых животных. Птицы и млекопитающие после трех-четырех переучиваний с каждой новой переделкой справляются быстрее.

Не для всех рыб экзамены были одинаково успешными, но это не имеет значения. Исследователи не могли сосчитать количество нейронов рыбьего мозга, а следовательно, не знали, у какой рыбы их число возросло и насколько. Кроме того, в результате оперативного вмешательства могло серьезно ухудшиться строение мозга и взаимосвязь его частей. Как бы там ни было, опыты показали, что часть рыб вела себя так, как и положено. Часть с самого начала справлялась с переделками легче, чем это бывает у рыб, но зато дальнейшего улучшения добиться у них не удалось. Остальные после длительной тренировки научились быстрее справляться с переделками, то есть по своим способностям приблизились к млекопитающим и птицам.

Сходные исследования провели в Колтушах. Беременным самкам крыс регулярно вводили гормон роста. В результате рождались крысята с увеличенным количеством нейронов в мозгу. Они также оказались умнее своих собратьев.

Проблема повышения интеллектуальных способностей привлекает не только ученых. Незадолго до начала второй мировой войны исследования в этом направлении были на-

чаты по личному распоряжению Гитлера и велись в глубокой тайне. В наши дни также в обстановке полной секретности они идут в Израиле. Причина заинтересованности расистских режимов понятна. За ней скрывается извечная надежда всех эксплуататоров на создание избранной расы господ. Мечта увидеть хотя бы своих потомков этакими сверхчеловеками, спокойно и без хлопот владеющими миром.

Каждая медаль, как говорится, имеет две стороны. Вторая сторона проблемы, как правило, большую науку не интересует. Ну кто же из ученых захочет посвятить свою жизнь разработке методов понижения интеллекта? В гитлеровских закрытых научных учреждениях этой проблеме уделяли ничуть не меньше внимания, чем первой. Ведь если бы метод повышения интеллекта и удалось создать, вряд ли кто-либо из гитлеровской верхушки рискнул подвергнуть свою персону испытанию. (А вдруг неудача?) И кому из волчьей стаи смертельно боящихся друг друга руководящих наци разрешить первому усовершенствовать мозг? Захочет ли этот первый сверхчеловек иметь равных себе партнеров?

Между тем сверхчеловеком не так уж трудно стать, нужно лишь подобрать соответствующую компанию. Любой слабоумный в клинике для лечения тяжелых психических расстройств будет казаться суперменом. Вот почему идея создания расы узкоспециализированных рабов была национал-социализму гораздо ближе.

Смотря чем стукнуть

Существует не очень благозвучная поговорка. Когда человек приходит в сильное возбуждение, в ярость, говорят, что ему моча в голову ударила. Я не сумел докопаться, как родилась поговорка. Так или иначе народная мудрость и на этот раз оказалась на высоте.

В 1927 году англичанин Г. Эллис изучил 1300 гениальных соотечественников. Он обратил внимание на интересную подробность. Среди когорты незаурядных личностей многие болели туберкулезом или подагрой. И в других странах среди подагриков известно много выдающихся личностей.

Гениальность проявлялась даже в такой сфере деятельности, где у часто прикованных к дому и к постели подагриков, казалось бы, не следовало ожидать успехов. На службе у весьма воинственного, шведского короля Густава-Адольфа (кстати, воевавшего и с Россией) отличился фельдмаршал Л. Торстенсон, тяжело болевший подагрой. Его полководческий гений был столь велик, что 100 лет спустя другой шведский король, Густав III, удостоился премии Шведской академии наук 1786 года лишь за одну речь, посвященную памяти Торстенсона. Выдающимся полководцем XVI века был Александр Фарнезе, герцог Пармы и Пиаченцы, также тяжело страдавший от подагры.



Подагрики, как правило, необычайно работоспособные, целенаправленные люди, умеющие упорно добиваться поставленной цели. Их гениальность – плод напряженного труда, а в конечном счете плод их работоспособности.

Подагра издавна считалась болезнью привилегированных. Ею страдали римские патриции. Особое распространение она получила у англосаксов. Славяне болеют ею значительно реже. Предрасположение к подагре передается из поколения в поколение. Многие старинные английские роды отмечены ее печатью.

Возникновение подагры связывают с обжорством, повышенным употреблением мясных продуктов и алкоголя. Особенно вредно употребление старых десертных вин и дорогих сортов шампанского. Индусы – вегетарианцы, к тому же весьма строго соблюдающие «сухой закон», подагрой совер-

шенно не болят. Подагра – привилегия мужчин. На сто больных лишь одна женщина.

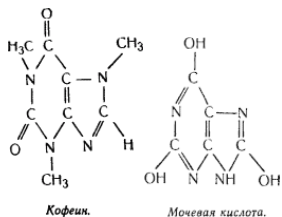
Одна из причин возникновения подагры – повышенное содержание в почве молибдена. Он входит в фермент, окисляющий пуриновые вещества в мочевую кислоту. При повышении содержания в почве молибдена в 3–10 раз количество мочевой кислоты в крови возрастает на 30–100 процентов.

Основная причина болезни – отложение в тканях и суставах острых кристалликов натронной соли мочевой кислоты. В результате при движении возникают страшные боли, суставы воспаляются. В тяжелых случаях больные вообще теряют подвижность. Недаром перевод греческого слова «подагра» означает «капкан для ног».

Какова связь между подагрой и гениальностью? Основная причина болезни – значительное повышение уровня мочевой кислоты в крови больных. Оно-то и есть вещество гениальности. Вот, оказывается, как мало нужно, чтобы иметь шанс стать гением.

Мочевая кислота – производное пурина, имеющего огромное значение в жизни животных. Он входит в состав нуклеиновых кислот – вещества наследственности и аденозинтрифосфата – переносчика энергии. К пуринам же относятся возбудители нервной системы и сердца: кофеин, теобромин, теофиллин, содержащиеся в кофе, чае и какао. Строение их молекул очень похоже на строение мочевой кислоты.

Недаром для нужд медицины кофеин извлекают из пыли чайного листа или синтезируют из мочевой кислоты, полученной из куриного помета. Увеличение количества мочевой кислоты обеспечивает постоянное стимулирование мозга, постоянное повышение его работоспособности. Вот ведь, никогда не знаешь, где выиграешь, а где проиграешь.



Весьма вероятно, что мочевая кислота сыграла решающую роль в становлении человека. Вещество это токсично, поэтому у всех млекопитающих существует специальный фермент уриказы, расщепляющий мочевую кислоту. Только человекообразные обезьяны и мы, люди, лишены уриказы. Поэтому у нас в крови мочевой кислоты в десятки раз больше, чем у животных. Она помогает нашим нервным клеткам работать более активно, чем трудится мозг животных. Очевидно, уриказу утратили наши отдаленные предки – ископаемые обезьяны. Их мозг, постоянно стимулируемый избытком мочевой кислоты, стал работать значительно интенсивнее и получил возможность усиленно развиваться.

Туберкулезная интоксикация тоже иногда способствует

усилению работы мозга, только механизм ее иной. Работоспособность у туберкулезных больных не повышается. Продукты жизнедеятельности туберкулезной бациллы вызывают эйфорию, подавляя чувство усталости. Их действие напоминает легкое алкогольное опьянение. Туберкулезные больные работают на износ, до полного изнеможения. Так сказать, горят. Работа мозга в часы такого подъема может быть очень интенсивной.

Организм постоянно подстегивает свой мозг, синтезируя для этого различные вещества. От их содержания в крови зависит его работоспособность. Важнейший стимулятор – адреналин. У одного из первых президентов Соединенных Штатов Авраама Линкольна его было значительно больше, чем полагалось бы иметь среднему американцу.

Собственные индивидуальные ресурсы мочевой кислоты в век все убыстряющихся темпов жизни кажутся явно недостаточными. Недаром поиски новых стимуляторов мозга ведутся весьма интенсивно. Трудно предсказать, к каким последствиям приведет их все расширяющееся использование.

Миллиардер

Аристотелевы «Врата», содержащие медицинские наставления в адрес Александра Македонского, утверждают, что голова человека должна быть «между малой и великой, выступать мало вперед и кзади и не быть плоской сверху». Что должна содержать черепная коробка, в те времена никого не интересовало. Внутри черепа проникали отнюдь не из любопытства, а только в поисках наиболее короткого и верного пути отправить его обладателя к праотцам.

Мозг очень недавно оценили как орган первостепенной важности. Древние народы относились к нему с пренебрежением. Египтяне, бальзамируя умерших, не заботились о целостности мозга. Его по частям извлекали через левую ноздрю. Другие органы сохраняли в специальных сосудах, помещаемых в саркофаг. Видимо, египтяне не считали, что мозг может им понадобиться в загробном мире.

Внешнее строение мозга, как оно ни удивительно, не могло помочь понять его функцию. Немного поправило дело появление микроскопа. Он позволил увидеть основную структурную единицу мозга – нервную клетку с ее отростками (она получила название нейрона) и окружающие их глиальные и сателлитные клетки.

Нервную клетку открыли позже большинства других клеток человеческого организма, немногим более 100 лет назад.

Уж больно она необычна. Нервные клетки с отходящими от них отростками похожи на медуз, вооруженных многочисленными щупальцами. Большинство клеток организма имеет более простую, округлую, цилиндрическую, плоскую или веретенообразную форму.

Вначале за нервные клетки приняли округлые тельца, рассеянные среди нервных волокон. Считалось, что волокна подводят к ним питательные вещества. Когда же наконец убедились, что волокна отходят от клеточных тел, возникло предположение, – что нервные клетки не имеют границ, так как нервное волокно, вышедшее из одной клетки, тут же вливается в другую. Исключением считались лишь волокна, уходящие на периферию, к мышцам, внутренним органам и внешним рецепторам.

Самим клеткам не придавали серьезного значения. Их рассматривали лишь как утолщения в невероятно сложной сети волокон. Сейчас такие представления кажутся верхом нелепости, но, поверьте, разобраться было нелегко. В поле зрения микроскопа нервная клетка со всеми своими отростками поместиться не могла, слишком они велики. К тому же казалось невероятным, что нервный импульс способен переключиться с одной нервной клетки на другую, если их отростки разделяет хоть самое крошечное пространство.

Никто не знает точно, сколько нервных клеток в мозгу. Лишь кора больших полушарий, по разным подсчетам, содержит их от 10 до 20 миллиардов. Огромно количество ней-

ронов в мозжечке и подкорковых ядрах. В общем, наш мозг миллиардер, давно скопивший капитал в несколько десятков миллиардов.

Нейроны – удивительные создания. Все другие клетки нашего организма равноценны среди себе подобных. Иное дело нейроны. Каждый из них уникален. Со своими соседями он связан цепью контактов, которые не повторяет больше ни один нейрон.

О величине нервных клеток трудно сказать что-нибудь определенное. Самые крупные нейроны в тысячу раз больше самых мелких. Один из важнейших видов нейронов коры больших полушарий – пирамидные клетки имеют 15–20 микрон в длину и 10–12 в ширину, а их объем колеблется от 300 до 2 тысяч кубических микрон. Хорошо это или плохо? Сошлемся на авторитеты.

Рашевский, крупный американский специалист по математической биологии, родился в Одессе. Долгие годы жизни за рубежом не вытравили из него ни знания русского языка, ни одесского юмора. Цикл лекций, читанных им несколько лет назад в Ленинграде, ученый начал с вопроса об оптимальности прогиба позвоночника у таксы. В конце каждой лекции на Рашевского обрушивался град вопросов. Ученый не отвергал даже самых каверзных и каждый ответ начинал стандартно: «Это мы уже подсчитали...»

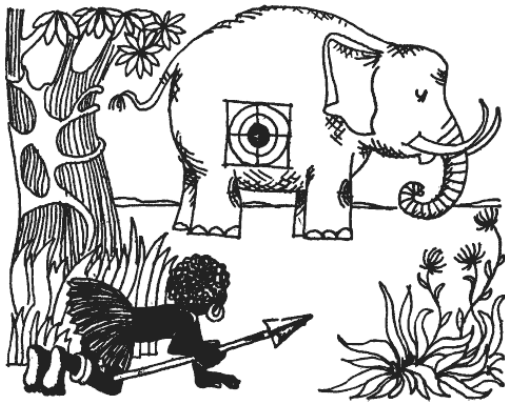
Отвечая на вопрос об оптимальности размеров нейрона, Рашевский привел цифры, очень близкие к действительной

величине основных нервных элементов коры. Так что наши нейроны добротны, оптимальны и, видимо, выпущены «со знаком качества».

Каждая нервная клетка имеет несколько отростков. Один из них, длинный, гладкий, относительно прямой, назван аксоном. Он связывает клетку с соседними районами мозга, иногда весьма отдаленными. Даже для внутричерепных связей нужны очень длинные отростки, тем более для контакта с последними сегментами спинного мозга. У жирафа или кита эти расстояния весьма значительны. Некоторые клетки головного и спинного мозга посылают свои аксоны за пределы нервной системы к мышцам, железам, внутренним органам. Собранные в пучки, они образуют нервы. Аксоны, ушедшие на периферию, могут быть еще длиннее.

Нервные клетки используют аксоны для передачи информации своим соседям и для посылки команд на периферию. Мышцы человека и животных не могут вести какую-либо работу без указаний, поступающих по нервным стволам. Об этом знали еще наши далекие предки.

И теперь, когда житель тропических африканских лесов – пигмей, вооруженный лишь непоколебимым мужеством да небольшим копьем, подползает под брюхо дикого слона, он знает, куда вонзить свое оружие, чтобы перерезать нерв задней конечности. Если удар удался, лесной великан обречен.



Кроме аксона, нервная клетка имеет несколько дендритов: коротких, сильно ветвящихся (отсюда их название, в переводе означающее древовидный), с шероховатой поверхностью отростков. Именно сюда подходят аксоны других нервных клеток. Задача дендритов значительно увеличить поверхность клетки, чтобы максимально повысить сбор информации. Этому служат шипики, небольшие утолщения, словно бусинки нанизанные на дендриты. Поверхность тела клетки из коры кошачьего мозга составляет всего 4 процента от общей поверхности нейрона. Тогда как на шипики приходится 43 процента! Иногда соседняя клетка подает информацию на аксон у его основания. Но это используется главным образом, чтобы перехватить и задержать информацию, которую нейрон вознамерился отправить своему адресату. Что важнее, отростки или тело клетки? Отростки, раз-

общенные с телом клетки, долго существовать и выполнять свою функцию не могут – гибнут. Тело клетки, напротив, их быстро регенерирует, иногда с огромной скоростью: 3 микрона в минуту. Все же отростки важнее. Если бы они могли существовать отдельно от клеточных тел, работа нервной системы стала бы еще экономичнее. В подтверждение расскажу об опыте, проведенном на раках.

В нервных ганглиях членистоногих клетки лежат на периферии, а отростки заполняют всю его внутреннюю часть. У этих животных ни один кровеносный сосуд не уходит в глубь ганглия. Кислород и питательные вещества можно получать лишь от кровеносных сосудов, находящихся на их поверхности. Клетки находятся наверху, чтобы дышать, питаться и кормить свои отростки. Подобный способ снабжения ограничивает возможность возникновения у членистоногих крупных нервных узлов, зато удобен для экспериментаторов.

Итак, опыт поставлен на ганглиях рака. Экспериментатор умудрился срезать с них верхний слой, как шкурку с картофеля. При этом нервные клетки были отсечены, а ганглий превратился в клубок спутанных отростков. Тем не менее он исправно выполнял свою функцию, пока не началось отмирание клеток.

Нервные клетки – главные труженики нашего мозга. Мы хорошо знаем, как они выглядят. Их «портреты» неплохо видны под микроскопом на мертвых срезах мозгового веще-

ства. Мы научились изучать их работу и кое-что уже сумели
выяснить. Но как им живется в глубине мозга, пока остается
тайной.

Слуги и господа

Даже в самом густом и дремучем лесу растут не одни деревья. Кто же этого не знает? Другое дело мозг. Упоминание о том, что нервных клеток в нем меньше, чем ненервных, обычно удивляет. Откуда и, главное, зачем здесь эти посторонние клетки, ответить довольно трудно. Их два типа: нейроглиальные и сателлитные клетки, функция последних ясна, они образуют оболочку вокруг нервных клеток и их отростков, как изоляционная лента, накручиваясь на нервное волокно в 5–10 слоев. К нейроглии относят три вида клеток: астроциты – звездообразные клетки с большим количеством отростков, которые далеко проникают в скопления нервных волокон (в отличие от нейронов отростки астроцитов синапсов, то есть соединений, не образуют. Зато у тех из них, что лежат на поверхности кровеносных сосудов, есть на конце расширения, так называемые концевые ножки); олигодендроциты – округлые или многоугольные клетки, имеющие, как свидетельствует их название, мало отростков, и микроглию – мелкие клетки разнообразной формы.

Достоверных сведений о функции этих клеток очень мало. Предполагают, что они служат для отростков нервных клеток подпорками, без которых нервные волокна, как виноградная лоза, тянуться вверх не могут, или просто заполняют между ними пустоты. Возможно, задача нейроглии от-

городить нейроны друг от друга, оберегая от вмешательства в их жизнь соседей и от кровеносных сосудов: препятствуя проникновению из крови вредных веществ.

Наконец, очень вероятно, что глиальные клетки кормят нейроны. Ни один нейрон не соприкасается с кровеносным сосудом. Между ним и стенкой капилляра всегда лежит глиальная клетка. Только из нее нейрон и может черпать кислород и питательные вещества. Но если глиальные клетки являются кормилицами нейронов, то кто же главнее? Может быть, глиальные клетки, первоначально появившиеся как подсобные для обеспечения деятельности нейронов, развивая и совершенствуя свою функцию, в конечном итоге захватили власть, совершив в мозгу бескровную революцию?

Ничего удивительного в этом нет – кто кормит, тот и является хозяином положения. Недаром говорят, что кто платит, тот и музыку заказывает. Видимо, именно так рассуждал известный американский физиолог Р. Галамбос.

Высшее признание заслуг ученого – избрание в академию своей страны. Оценка научной деятельности, сравнение заслуг для ученых – дело нередко очень трудное. Каждая академия имеет свои критерии. В Соединенных Штатах на первое место ставится новизна идей, читай – их необычность. Не подвергая критерии подобного типа сомнению, скажем, что новизна еще не гарантирует бессмертия. Многие идеи, вспыхнув на небосводе науки, через мгновение гаснут, как падающие звезды, не оставив после себя никаких воспоми-

наний. И все же критерий новизны является в Соединенных Штатах ведущим.

Вероятно, именно этот принцип, ставший стимулом для создания многих оригинальных теорий, побудил Галамбоса поставить физиологию мозга с ног на голову, произвести революцию, сделав хозяевами слуг, а бывших хозяев – слугами. Иными словами, американский профессор творческую роль отдал глиии, а за нервными клетками оставил лишь функцию обеспечения взаимосвязи. Ученый утверждал, что восприятие внешнего мира, образование условных рефлексов, память – все основные функции мозга связаны не с нейронами, а с теми бесчисленными клетками, которые, заполняют пространство между ними. Правда, эти представления не получили дальнейшего развития в трудах ученого. Возможно, избрание в академию уничтожило стимул, и поэтому Галамбос отошел от поднятой им проблемы. К счастью, его усилия не пропали даром. Они вызвали интерес к глиии, породили ряд новых теорий и исследований.

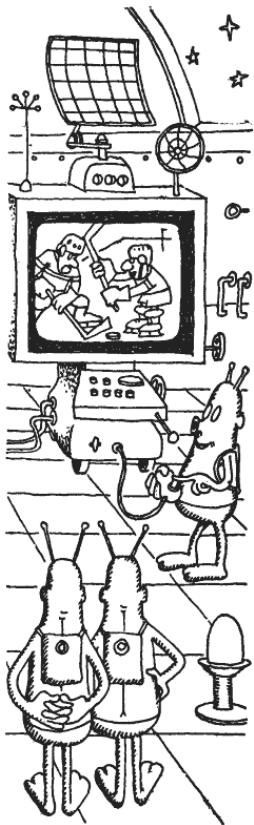
Активность системы нейрон – нейроглия постоянно ритмически колеблется, но глия всегда на полшага отстает от нейрона. Долго отдыхавший нейрон может под воздействием внешнего раздражения резко усилить свою активность, а окружающая глия будет еще некоторое время находиться в спокойном состоянии. К тому времени, когда глиальные клетки соберутся усилить свои обменные процессы, нервная клетка уже начинает успокаиваться.

Обменные реакции глии часто противоположны метаболизму нейрона. Так, если нервная клетка за час увеличивает запасы РНК (рибонуклеиновой кислоты) на 570 пикограмм (0,000 000 570 грамма), то в окружающей глии обнаруживается ее убыль на 55 пикограмм. А так как объем глии в 10 раз больше объема нейрона, умножим 55 на 10 и убедимся, что общее уменьшение РНК в глии составит 550 пикограмм. Вот откуда нейрон позаимствовал РНК. Нет, непохоже, что нейроны, идут на поводу у глии. Действуют они по собственной инициативе, совершенно не считаясь с глией, и, пользуясь своим положением, тянут из нее все, что им нужно. Хозяйева, безусловно, нервные клетки. Как ни заманчиво пуститься в научные приключения по тропинке новой теории, однако придется вернуться к традиционным представлениям об интимных взаимоотношениях в центральной нервной системе.

Дубинушка

Представьте себе, что разумные существа, затерявшиеся где-то в глубинах туманности Андромеды, задались целью познакомиться с жизнью на планете Земля, имея для этого лишь прибор, способный регистрировать электромагнитные колебания. Что узнают они о нас, людях?

Предположим, что с самых первых шагов им здорово повезет и приемная антенна окажется сфокусированной не на район Антарктиды, а на громоотвод Спасской башни Кремля. Смогут ли они, пользуясь только таким показателем, хоть что-нибудь узнать об успехах строительства социализма в нашей стране? Увы, ни о смене общественных формаций на нашей планете, ни о развитии многонационального искусства ее народов этим способом информацию получить нельзя.



Примерно в таком же положении находятся физиологи, регистрирующие электрическую активность мозга с поверхности черепа или вводя электрод в его глубины. Ученые это отлично понимают. Впрочем, регистрация электромагнит-

ных колебаний кое-что дает. Понаблюдав за нами этак лет сто, жители Андромеды без труда узнали бы, что электромагнитная активность за этот период возросла в сотни раз. Пошарив своим индикатором по земному шару, они нащупали бы «немые» зоны и области с высокой активностью. Заметили бы, что уровень ее периодически колеблется, волной распространяясь вдоль экватора с востока на запад. Кто скажет, что этого мало? Достаточный повод, чтобы открыть десяток специализированных исследовательских институтов для углубленного анализа и детализации полученных наблюдений.

Положение физиологов существенно не изменилось и когда возникла возможность записывать электрические разряды одной-единственной нервной клетки. Ведь экспериментатор чаще всего не знает, от какой клетки отводятся биопотенциалы и какую функцию она выполняет. Все же положение физиологов не совсем безнадежно. Они имеют известное представление о строении мозга и вооружены рефлекторной теорией его работы. Еще 30 лет назад академик М.Н. Ливанов ввел электроды в зрительную и слуховую области мозга кролика и стал сочетать ритмические вспышки света и звука. Ему удалось заметить, что после нескольких сочетаний слуховая область мозга стала отвечать электрическими реакциями на вспышки света. Ученый как бы выработал биоэлектрический условный рефлекс. С тех пор проделаны сотни экспериментов. Условный рефлекс – явление сложное. В его

образовании принимает участие целый комплекс мозговых образований. Поэтому, изучая работу мозга, исследователям хотелось ввести в него как можно больше электродов, получить сведения от различных его отделов. Не было только приборов, способных одновременно регистрировать множество реакций. Когда же они появились, ученых ждало разочарование: увидеть какие-то закономерности в хаосе зубцов записи биотоков снова не удалось. Неудача не обескуражила ученых. К анализу записанных на бумаге кривых подключили разные анализаторы, умеющие подсчитывать частоту колебаний, а полученные результаты ввели для дальнейшей обработки в электронно-счетную машину.

Поначалу больших достижений не было. Однако лаборатория М.Н. Ливанова продолжала поиски. У кролика выработывался оборонительный условный рефлекс. В камере включался свет, а через несколько секунд животное получало удар электрического тока в одну из передних лап. Все это время от кроличьего мозга по 50 электродам отводились биотоки. В том числе из зрительной и двигательной областей, из того места, при раздражении которого передняя лапа начинала дергаться. Исследователи интересовались синхронностью работы мозга. Если взглянуть в электроэнцефалограмму (запись биоэлектрических реакций мозга), можно заметить, что часто многие ее линии очень похожи: зубчики то все вместе устремляются вверх, то, как по команде, поворачивают остриями вниз. Удивительное заключает-

ся в том, что биотоки нередко отводятся от весьма удаленных друг от друга областей мозга.

Какой смысл в синхронизованной деятельности мозга? Может быть, она свидетельствует о совместном труде его отделов над организацией какой-то определенной функции? Если эти предположения верны, тогда можно ожидать, что образование условного рефлекса будет сопровождаться синхронизацией электрических реакций в зрительной и двигательных зонах коры больших полушарий кролика.

Оказалось, что по мере выработки условного рефлекса между двигательным центром конечности и зрительной областью возникает синхронизация. Чем прочнее становится условный рефлекс, тем чаще возникает синхронизация. Однако нередко условный рефлекс бывает и в отсутствие синхронной деятельности этих областей мозга.

У исследователей могло возникнуть подозрение, что электроды недостаточно точно попали в области мозга, ответственные за осуществление условного рефлекса. Действительность оказалась сложнее. Во-первых, выяснилось, что важна только синхронизация одного из относительно медленных ритмических колебаний, так называемого тета-ритма, то есть электрических колебаний с частотой от 4 до 7 в секунду. Во-вторых, заметили, что для осуществления условного рефлекса на вспышку света мало одинаковой частоты ритма в зрительной и двигательной областях. Необходимо, чтобы эти ритмические колебания точно совпадали по фазе,

то есть чтобы подъем кривой, достижение ею высшей точки и последующее падение в обеих областях мозга совершались строго одновременно.

Дальнейшие исследования подтвердили, что в начале выработки условного рефлекса, как только кролика сажали в камеру, в зрительных и двигательных областях усиливался тета-ритм, устанавливалась одинаковая его частота и начинала совпадать фаза колебаний электрических потенциалов. Позже, когда условный рефлекс упрочивался, совпадение фаз электрических колебаний возникало только в момент действия условного раздражителя. А что, если теперь вспышку света не сопровождать током? Очень просто, он постепенно перестанет вызывать перестройку ритмов, совпадение их по фазе, и условный рефлекс угаснет.

Из этих опытов следует, что для осуществления условного рефлекса, то есть для перехода возбуждения из зрительного центра в двигательный, необходима перестройка ритмов мозга – установление единой частоты и совпадение фаз колебаний. Опыты дают основание высказать интересные предположения и о природе внутреннего торможения, процесса, противоположного возбуждению. Возможно, оно всего лишь разлад в ритмических процессах. Насколько верно такое предположение, сказать трудно. Однако в его свете получают объяснение многие загадочные явления работы мозга. Например, вопрос о локализации торможения.

Где оно возникает? Когда у человека угашают условный

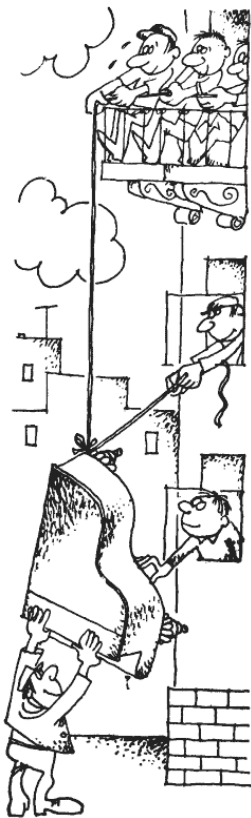
рефлекс на раздражение какого-то участка кожи, он не перестает ощущать ни прикосновения к нему, ни воспринимать тепло или холод. Следовательно, чувствующие клетки кожного анализатора в головном мозге работают нормально. Где же тогда гнездится торможение?

Предполагают, что оно обитает где-то на пути от воспринимающих клеток к исполнительным. Но это еще окончательно не доказано. Пока никто не обнаружил, где прячется торможение, не схватил, так сказать, за руку. Может быть, тормозной эффект действительно всего лишь разлад во взаимодействии двух областей мозга и искать его местообитание бессмысленно?

Многие наблюдения свидетельствуют о том, что тета-ритм служит для передачи возбуждения по структурам центральной нервной системы. Необходимость единого ритма для обмена информацией понятна. Два велосипедиста могут спокойно беседовать между собой только в том случае, если движутся с одинаковой скоростью. Речь, записанная на магнитную пленку, покажется неразборчивой, если ее воспроизвести быстрее или медленнее, чем во время записи.

Так же понятна необходимость совпадения фазы. Нам нужно, чтобы не только скорость вращения стрелок наших личных часов строго соответствовала всем остальным часам в стране и во всем мире, но чтобы совпадали и их фазы вращения. Только благодаря тому, что пять миллионов часов, используемых ленинградцами, работают строго согласован-

но и по скорости и по фазе, сотни тысяч людей одновременно начинают свой рабочий день и координируют все трудовые процессы.



Необходимость согласования ритма при обмене информацией и совместной работе люди интуитивно понимали давно. Это прекрасно отражено в нашей русской «Дубинушке», в нашем национальном «...Подернем! Подернем! Да ухнем!».

Пути снабжения

Люди издавна любили поесть. Когда царь Иван Васильевич (Грозный) решал оттрапезовать со братией, на кухне резали 200 лебедей, 300 павлинов, а сколько пеклось кулебяк, курников, пирогов, никто не подсчитывал. Мозговая ткань – интенсивный потребитель питательных веществ и кислорода. В головном мозгу высокий уровень обмена. Это широко известно, но мало кем по-настоящему осознается. Когда врач у постели тяжелообольного назначает ему покой, полностью исключаящую любую физическую и умственную нагрузку, и в том числе чтение, ограничения редко вызывают одобрение. И зря! Вес мозга составляет примерно пятидесятую часть веса тела, но на обеспечение значительной умственной нагрузки тратится около четверти всех энергетических ресурсов организма. Так что иногда ограничения уместны.

Сколько потребляет мозг – известно, как снабжается – неясно. Сравнительно недавно удалось оценить плотность капиллярной сети мозга и выяснить, что его клетки могут получать все необходимое из крови самостоятельно, без помощи посредников. Кровеносные капилляры проходят от тел нервных клеток не далее 25 микрон. К отдельным клеткам они подходят вплотную, сопровождают их отростки, располагаются в специальных бороздках тела клетки, неред-

ко создавая целую капиллярную сеть для отдельного нейрона. Благодаря автоматической регуляции количество протекающей через мозг крови совершенно не зависит от общего артериального давления. Может быть, потребности обмена являются главным регулятором кровоснабжения. Предположение весьма правдоподобное. Действительно, удалось доказать, что, когда функция мозга усиливается, в нем возрастает потребление кислорода и количество протекающей по сосудам крови.

Нейроны снабжаются весьма различно. Существуют районы мозга, где из каждых 10 нервных клеток только 2 непосредственно соприкасаются с кровеносным сосудом, зато в других из тех же 10 уже 8 нейронов контактируют с капиллярами и, наконец, кое-где практически до каждой клетки дотягивается какой-нибудь сосудик. Там, где клеток мало, но сосредоточена большая масса нервных волокон с бесчисленными синапсами, проходят преимущественно венозные капилляры. Видимо, из синапсов необходимо быстро вывести продукты обмена. Мозг в процессе эволюции животных совершенствовался, возрастало количество и плотность расположения его клеток. Одновременно развивающееся кровоснабжение немного опережало увеличение числа нервных клеток. Особенно резки различия между человеком и животными. Значит, кровоснабжение нейронов человека, значительно совершеннее, чем у любого животного. И не только за счет количества капилляров. У человека, например,

диаметр капилляров значительно больше, чем у собаки, хотя размер эритроцитов примерно одинаков. Видимо, это вызвано не потребностью расширения пути для крупногабаритных эритроцитов, а необходимостью пропускать их большие количества.

Резко усиливается кровоснабжение сразу же после рождения, особенно в бездействовавших до того районах мозга. Двигательные области, функционировавшие еще до рождения, увеличивают свое кровоснабжение в гораздо меньшем масштабе, чем зрительные, работа которых начинается после рождения. Напротив, прекращение деятельности приводит к уменьшению кровоснабжения. Удаление у щенят глаз, а следовательно вынужденная бездеятельность зрительного комплекса мозга, уменьшало общую длину капилляров в три раза.

Сейчас появилась возможность следить за кровоснабжением отдельных областей мозга животных и даже человека. В кровеносное русло вводится небольшое количество альбумина, меченного радиоактивным йодом, а затем специальные датчики регистрируют количество распадов. Оказалось, что включение света сразу же вызывает приток крови в зрительные области. При сверке чертежей кровоснабжение зрительных областей продолжало увеличиваться. Напротив, решение арифметических задач или участие в философском семинаре улучшает кровоснабжение лобных и сенсомоторных областей мозга. (Они воспринимают информа-

цию мышц и сухожилий о выполняемой работе.)

Часто зоны повышенного кровоснабжения окружает кольцо, где кровоснабжение существенно сокращено. Причина этого неясна. Возможно, работающему отделу не хватает крови, и он грабит соседей, а может быть, соседние нейроны, чтобы не мешать, прекращают всякую деятельность.

Благодаря совершенствованию методики теперь можно следить за изменениями кровоснабжения в очагах мозга площадью всего в 1 квадратный миллиметр. На самом деле кровотоки способны произвольно меняться и в более мелких очагах мозга. Существует мнение, что даже отдельные нервные клетки могут усиливать или снижать собственное кровоснабжение.

Достаточно всего трех-шести секунд, чтобы произошло резкое увеличение кровотока. Второй подъем наступает через 10–15 секунд. Видимо, первое повышение кровотока происходит с помощью нервного механизма, а второй подъем объясняется поступлением в сосудистое русло продуктов обмена, непосредственно воздействующих на стенки сосудов, вызывая их расширение.

Очень важно понять кровоснабжение больного мозга. При травмах, закупорке сосудов и других заболеваниях в мозгу возникают участки с резко уменьшенным кровотоком. Они могут быть тесно окружены областями, усиленно снабжаемыми кровью. Сосуды мозга, обедненные кровью, обычно дают парадоксальную реакцию на кислород и углекислый

газ. Врачам необходимо об этом постоянно помнить. Если больному для усиления дыхания добавляют в дыхательную смесь углекислый газ, то в ответ сосуды неповрежденных областей мозга (как им и полагается реагировать) расширяются, количество крови в них увеличивается. Частично она сюда поступает от уже обескровленных районов мозга, что резко ухудшает и без того катастрофически малое снабжение кислородом больных участков мозга. Это явление датский нейрохирург Н. Ларсен назвал «синдромом кражи». Противоположный эффект дает увеличение содержания кислорода в крови. В этом случае сосуды здоровых областей мозга сжимаются, часть крови переходит в обескровленные участки и тем улучшает их снабжение кислородом. Это явление получило название «синдрома Робина Гуда» в честь знаменитого разбойника, жившего в Англии 800 лет назад. Как известно, он грабил богатых и раздавал добро бедным.

Нить Ариадны



Зачем собаке пятая нога

Чтобы скрыть позор своей жены Пасифаи, вступившей в протiwоестественную связь с морским быком, и скрыть от посторонних взоров родившегося в результате этой связи Минотавра – чудовищного человека с головой быка, критский царь Минос приказал искусному строителю Дедалу построить дворец. Критский дворец – Лабиринт оказался величайшим творением Дедала. Он был таким большим, имел столько залов, комнат, лестниц, переходов и закоулков, что попавший туда человек не мог найти дорогу назад.

Раз в девять лет Афины должны были отправлять на съедение Минотавру 7 юношей, не знавших брака, и 7 девушек. Когда за данью прибыли в третий раз и горожане бросили жребий, чьим детям стать жертвой, Тесей, сын афинского царя Эгея, вызвался добровольно отправиться к Миносу. На

Крите он проник во дворец и убил Минотавра. Тесею оказался единственным из смертных, кому повезло выбраться живым из Лабиринта.

Бродить бы и по сей день Тесею в Лабиринте, не влюбись в него дочь Миноса Ариадна. Она-то и дала герою моток ниток. Отправляясь на поиски Минотавра, Тесею прикрепил конец нити у входа и разматывал клубок, петляя по переходам дворца. Интересно, что влюбленной царевне не самой пришла в голову эта счастливая мысль. Клубок ниток дал ей Дедал. Даже сам создатель Лабиринта не смог снабдить Тесею планом дворца. Если так сложно оказалось творение рук человеческих, то сколь сложнее должен быть мозг, над которым природа колдовала сотни миллионов лет?

Изучение наследственного аппарата клетки – одно из величайших достижений XX столетия. Биохимики не только сумели расшифровать генетический код, но даже разобрались, как считываются приказы о синтезе отдельных ферментов. Зато пока совершенно неясно, как передаются команды о том, чтобы клетки выстраивались в определенном порядке, формируя органы. Как передается инструкция о том, что голове полагается расти спереди, а хвосту сзади, что конечностей должно быть 4, а пальцев 20. Всего этого мы касаться не будем.

Попробуем разобраться только, как нервные клетки выбирают себе род занятия. Как их отростки умудряются находить именно те области мозга, куда им полагается направ-

лять информацию, и вступают в контакт как раз с теми клетками, которым предстоит обрабатывать полученную информацию. Задача, казалось бы, невыполнимая. Каждому известно, как легко сбиться с пути даже в знакомом лесу, точно зная, куда ты шел. А нервные отростки, блуждая в хаосе нервной ткани, должны не только найти дорогу, но и определить цель своих исканий.

Все родственные животные имеют сходное строение тела, в том числе мозга. Хорошо ли они сконструированы? Вопрос трудный, но не безнадежный. Например, нужна ли собаке пятая нога и как она будет использоваться, коли пес обзаведется подобным вспомогательным средством передвижения. Сейчас на этот вопрос может быть дан ответ с достаточно высокой степенью вероятности.

В последнее десятилетие эксперименты с пятой конечностью весьма популярны. Очень трудно проследить, как в процессе развития эмбриона находят друг друга внутри мозга отростки двух определенных нейронов, нередко расположенных весьма далеко друг от друга. Как пробирается нервное волокно на периферию, разыскивая орган, который предстоит подчинить. Проще это выяснить в эксперименте, если животному хирургическим путем пересадить дополнительный орган. Так можно убить сразу двух зайцев: узнать, как организм иннервирует орган-пришелец и какую функцию тот будет выполнять на новом месте.

У рыб и амфибий хирургические реконструкции идут

удивительно просто, особенно в раннем детстве. Тритону можно пересадить дополнительную, пятую конечность, второй хвост, третий глаз, еще одно сердце. У таких химер пересаженные органы продолжают функционировать и на новом месте, сначала в соответствии с химическими приказами хозяина (приносимыми кровью), когда в них проникнут нервы, будут выполняться и их команды.



Пятая конечность, если ее пересадить вблизи соответствующей лапы хозяина, движется одновременно с ней. Правда, сила и амплитуда сокращений ее мышц чуть ниже, чем остальных лап. Она запаздывает на несколько сотых долей секунды, и не все 40 мышц приживленной конечности работают достаточно энергично. Мы можем спокойно пренебречь этими мелочами. Покадренно сравнивая движение

одноименных конечностей, снятых на киноплёнку, не удаётся обнаружить никакой разницы. Восьмилепая химера тигровой саламандры, у которой была дублирована каждая из четырёх конечностей, работала каждой парой как одной лапой, плавало ли животное в воде или двигалось по суше.

Не ищите в этом явлении скрытой целесообразности. Нетрудно убедиться, что ее нет, стоит лишь подшить к любой из четырёх конечностей лапу, взятую с противоположной стороны тела. Впервые такую операцию сделали по ошибке, и ее результаты немало удивили экспериментаторов. Левая передняя конечность одного тритона была пересажена рядом с правой передней конечностью другого. На этом месте она выглядела достаточно нелепо. Во-первых, локтями и кистями лапы были направлены в разные стороны. Во-вторых, ладонь пересаженной лапы оказалась вывернута наружу.

У таких восьмилепых тритонов мышцы каждой пары конечностей работали синхронно, сгибая одни и те же суставы, но создаваемая ими движущая сила была направлена в противоположные стороны. Сколько урод ни барахтался, он не мог сдвинуться с мертвой точки. Если же собственные конечности удалить, парадоксальная деятельность пересаженных лап заставит саламандру пятиться назад. Вот вам и целесообразность! Значит, не в ней дело.

В лабиринте

Пятилапые химеры вызвали в научных кругах волну споров. Никто не знал, откуда брались нервы, проникавшие в дополнительную конечность. От предположения, что увеличивается число нервных клеток спинного мозга, пришлось отказаться. Тщательные подсчеты показали, что количество двигательных волокон, посылаемых спинным мозгом, всегда одинаково. И в пересаженной лапе оно было поразительно близко к нормальному. Оставалось допустить единственную возможность – ветвление нервных волокон. У мексиканской амбистомы переднюю конечность иннервирует 900 волокон. Каждое из них должно дать веточку, чтобы пересаженная лапка получила свои 900 волокон.

До какого же предела способны куститься нервные волокна? Не очень густо. Связка из четырех конечностей, пересаженных вместе, не способна полноценно функционировать. Хорошую иннервацию могут получить максимум две дополнительные конечности, приживленные рядом.

Далеко не каждое нервное волокно, а следовательно, не всякая нервная клетка, его пославшая, способны обеспечить нормальную функцию нового органа. Необходимо, чтобы он получил нервы от тех же сегментов спинного мозга, которые обычно руководят работой таких органов. У лягушки в переднюю лапку попадают нервы от третьего, четвертого и пя-

того сегментов спинного мозга. Если дополнительная лапка подшита так, что до нее дотянется нерв хотя бы от одного сегмента, все будет в порядке.

Большие споры вызвал вопрос о том, каким образом мозг получает возможность управлять новой конечностью. Научный мир раскололся на два непримиримых лагеря. Одна половина ученых считала, что растающие нервные волокна каким-то образом узнают мышцы, которыми им следует управлять, и уверенно прокладывают к ним дорогу. Другая половина – что нервные волокна растают в конечность как попало, без всякого плана распределяясь по мышцам. Дальше мнения разошлись. Первые считали, что мышцы каким-то образом вразумляют пришедшие к ним волокна и пославшую их клетку, как ей необходимо поступать, чтобы организовать координированные движения. Вторые – что каждая мышца получает полную копию всех двигательных приказов мозга и сама выбирает из них те, которые непосредственно ее касаются. Наконец, третьи полагали, что, как только нервное волокно доберется до мышцы и пославшая его клетка узнает, куда попал ее отросток, она тотчас начинает подбирать информацию, нужную данной мышце.

Правы оказались первые. Речь идет о выборе, но выбор взаимный. Мышца выбирает нерв, а нерв – мышцу. Когда в лишенную нерва мышцу вшивали концы «своего» и «чужого» нервов, она из «смеси» выбирала «свой». В контрольных опытах подводился только один чужак. Он отлично вращал

в мышцу. Однако, если вслед за тем прорастал «свой» нерв, «чужак» изгонялся. Нерв тоже ведет себя активно. Мышцы животных делятся на быстрые и медленные. У новорожденных все медленные. Затем те из них, к которым подошли быстрые нервы, постепенно становятся быстрыми. Если в более позднем возрасте к быстрым мышцам подшить медленные нервные волокна, они станут медленными, и наоборот.

Нервные волокна всего лишь руки, провода нервной клетки. А как она? Универсальна ли? Может ли выполнять любую функцию? Скальпель хирурга иссекает плечевые сегменты спинного мозга (управляющие передними конечностями) и на их место пересаживает другие. Если пересаженные клетки раньше не руководили конечностями, то просто не берутся за это дело и мышцы остаются бездвижными. Нейроны, ранее управлявшие задними конечностями, заставят мышцы двигаться, но квалифицированно руководить передними лапами не смогут. Нервные клетки у взрослых животных не универсальны.

Подсаживая тритонам дополнительную конечность, ученые полагали, что новые нервы будут выбирать самый легкий путь, вращать вдоль отмерших нервных стволиков, как потоки воды от пронесшегося ливня заполняют русла высохших от жары ручьев. Эксперименты показали, что готовые русла вращающимся нервам не нужны. Можно создать такие условия, когда у животного от рождения одна из конечностей не будет иметь нервов, а значит, и готовых русел. Враща-

тая в такую лапу, нерв все равно проходит своим стандартным путем. Он не ищет легкой дороги и поэтому не всегда идет вдоль сосудов, где путь относительно свободен, а часто пробирается сквозь мышцу или хрящ. Создается впечатление, что нерв умеет находить вполне определенную дорогу. В незнакомой местности он правильного пути не сыщет. Если переднюю конечность пересадить на место задней, нерв, вращая в нее, заблудится. Здесь для него все незнакомо.

Как удастся нервному волокну найти дорогу? Каждый сегмент спинного мозга, посылающий к мышцам нервные волокна, содержит у шпорцевой лягушки 5–6 тысяч нервных клеток. Кроме того, за 60 дней развития успевает появиться много новых клеток, сверх первоначального количества. Однако к моменту метаморфоза их остается немногим больше тысячи, так что в каждом сегменте гибнет до 10 тысяч нервных клеток, 9 на каждый оставшийся нейрон. Зачем организму такие непроизводительные расходы? Видимо, гибнут все нервные клетки, чьи отростки не сумели найти необходимой мышцы, а новые нейроны, возникая, посылают на поиски свои отростки до тех пор, пока мышцы не окажутся полностью иннервированными.

Так же ведут себя чувствительные нервы.

У лягушки осторожно вырезали кусочек кожи с левой стороны спины, стараясь не повредить идущие к нему чувствительные нервы, и пересаживали на правую. Когда рана зарубцовывалась, прикосновение к пересаженному кусочку вызы-

вало реакцию, будто он все еще находился на своем законном месте. Если переменить чувствительные нервы передних лапок (правый пустить в левую лапку, а левый – в правую), то на щипок лягушка станет отдергивать лапу, до которой и не дотрагивались. Правильно реагировать она никогда уже больше не сможет.

Иначе ведут себя лягушки, когда, пересаживая кусочек кожи со спины на живот, полностью перерезают чувствительные нервы. Чуть только ранка подживет, прикосновение к пересаженному участку вызывает вполне правильную реакцию. Лягушонок тянется к тому месту, до которого дотрагивается экспериментатор. Однако через пару дней, если ущипнуть центр пересаженного лоскута, лягушонок начинает путаться. С каждым днем кожная зона, дающая неправильные реакции, увеличивается, пока не захватит весь лоскут. Теперь при прикосновении к кусочку кожи, пересаженному на брюхо, лягушонок трет себе спину.

Создавалось впечатление, что выросшие в пересаженный лоскуток чувствительные нервы постепенно разобрались, что им подсунули кусочек кожи со спины, и стали посылать свою информацию в соответствующие отделы нервной системы. А так как у лягушек не полагается, чтобы кожа спины находилась на животе, центральным аппаратам было невдомек, что к получаемой информации следует относиться осторожно.

Можно предложить и другое объяснение. Сначала в пе-

ресаженный лоскут врастали кожно-брюшные нервы, которыми полагалось иннервировать данный район. Коже, взятой со спины, ничего не оставалось, как принять чужеродные нервные веточки. Позже, когда спинные кожные нервы наконец «нашли» заблудший кусок кожи (путь со спины на живот немалый), чуждые нервы были отвергнуты и постепенно отмерли. Аналогичные результаты дают опыты со зрением. Глаз жабы можно повернуть на 90 или 180 градусов, не повредив зрительного нерва. Зрение как таковое при этом не нарушится. Животное сможет видеть все так же отчетливо, как до операции, только будет путать положение замеченных предметов. Повернутый глаз, увидев слева червяка, передает информацию нервным клеткам правого зрительного поля, и червяк будет воспринят справа. Пользоваться такими глазами невозможно. Ловить насекомых лягушка не способна и обречена на голодную смерть. Она никогда не выучится правильно видеть мир.

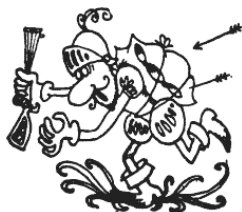
Как ни странно, перерезка зрительного нерва не делает жабу инвалидом. Как только завершится регенерация, зрительная функция восстановится. Лягушка правильно локализует в пространстве увиденные ею предметы, различает их форму и цвет. Каким же образом происходит такое полное восстановление? Можно сделать только один вывод: все врастающие в мозг 500 тысяч волокон зрительного нерва сумели добраться до зрительного центра и разыскать в одном из девяти его слоев те клетки, с которыми они были в контак-

те до перерезки нерва. Иначе лягушка осталась бы слепой.

Как находят нервные волокна те клетки, с которыми должны соединиться, неизвестно. Предполагают, что между ними существует химическое родство. Волокна умеют разыскать нужную клетку, даже когда вырастают в мозг в совершенно ином, необычном месте. Восстановление бывает столь полным, что после операции сохраняются все условные рефлексy.

Химическое сродство как причина связей, возникающих между нервными клетками, признается большинством ученых. Но и эта теория не объясняет результаты многих экспериментов. Почему, например, волокна зрительного нерва от правого глаза вырастают в левую половину мозга, а от левого – в правую? Неужели существует химическая асимметрия правой и левой половин головного мозга? К сожалению, вопросов, как и в других областях науки, пока неизмеримо больше, чем готовых ответов.

Посредник



Оружие «Золотого короля»

Кровавые подвиги Эрнандо Кортеса и Франсиско Писарро, захват и разграбление великих индейских империй не только не утолили у испанских авантюристов всех мастей и рангов жажды наживы, но лишь сильнее ее подхлестнули. Плохо зная местные языки, часто неправильно понимая и без того удивительные рассказы индейцев, конкистадоры нередко сами создавали фантастические легенды и сами в них искренне верили. Их неудержимо манили серебряные города, королевство женщин, острова вечной молодости и особенно страна «золотого человека» Эльдorado.

К сожалению «золотая» страна не оказалась легендой. Там, где теперь расположена нынешняя Колумбия, жили удивительные племена муисков. Ее правители, прежде чем стать властелинами страны, жили безвыходно в храме, гото-

вя себя к исполнению ответственной миссии. Только по прошествии шести лет будущий король, укрытый вместо одежд слоем золотого порошка, всходил на коронационный плот и отправлялся к центру озера Гуатавита, чтобы в его водах совершить омовение и бесценными приношениями, золотыми украшениями и изумрудами откупиться от страшного греха своих предков. После захвата страны европейцы дважды предпринимали попытки осушить священное озеро. По подсчетам Александра Гумбольдта, его пучины до сих пор хранят не менее 50 миллионов золотых украшений.



Путь к сказочному Эльдорадо был нелегок. Здесь европейцам пришлось всерьез столкнуться со страшным оружием индейцев – отравленными стрелами. Самой крохотной царапины оказывалось достаточно, чтобы убить человека или лошадь. Закутанные для защиты от стрел в ватные

халаты, изнывая от жары, все время опасаясь засады, брели конкистадоры навстречу своему богатству и своей гибели.

Стрельный яд, который использовали индейцы, называется кураре. Его получали из коры, корней и молодых побегов тропических растений. Размельченные части растений вымачивали в воде. Затем настой выпаривали до образования густого сиропа. Им и смазывали наконечники стрел. Через некоторое время сироп твердел. Действие яда сказывалось быстро. Сначала наступал паралич шейной мускулатуры, потом отказывали конечности. Несколькими минутами позже очередь доходила до дыхательной мускулатуры, и... наступала смерть от удушья.

Когда кураре попал в Европу, его попробовали приспособить для медицинских целей. Иногда врачу крайне необходимо расслабить мускулатуру тела больного или прекратить судороги. Однако новое лекарство не привилось. Не удавалось подобрать безопасную и в то же время эффективную дозировку.

В те времена не было достаточно четких представлений о механизме действия кураре. Выдающийся французский физиолог К. Бернар обратил внимание на то, что у животных, убитых кураре, уже через минуту после смерти нервы перестают реагировать на химические, механические и электрические раздражения. (Обычно мышца, отсеченная вместе с двигательным нервом, длительное время способна отвечать сокращением на его раздражение.) Изучив это странное яв-

ление, Бернар установил, что кураре не нарушает способности самой мышцы сокращаться, а нерва – проводить возбуждение. Это значит, что и нерв и мышца не затронуты действием яда, нарушен только переход возбуждения с нерва на мышцу.

Эксперименты заставили задуматься над механизмом передачи возбуждения от одной клетки к другой. Наиболее вероятной казалась электрическая связь. Распространение возбуждения по нерву сопровождается возникновением электрического разряда, а электрическое раздражение способно вызвать сокращение мышцы. Теперь мы знаем, что природа использовала этот путь на ранних этапах эволюции. До сих пор у ракообразных и других примитивных животных в организме действуют достаточно совершенные электростимуляторы. Уже во времена К. Бернара подозревали, что у высших животных язык, на котором нерв «разговаривает» с мышцей, передавая ей свои приказы, «химический». Прошло почти 50 лет, прежде чем австриец О. Леви сумел окончательно подтвердить это предположение.

Сердце сокращается само по себе, без специальных команд. Леви изучал у лягушки нервы, замедляющие сердечный ритм. После долгих и кропотливых экспериментов ему удалось перехватить их депеши. Приказы передавались с помощью особого вещества – ацетилхолина. Разрушая его, другое вещество – фермент ацетилхолинэстераза – уничтожает распоряжения. Удалось найти вещество, способное расще-

пить и саму ацетилхолинэстеразу. Химический способ передачи возбуждения был доказан. Вскоре удалось убедиться, что химический язык универсален. На нем «беседуют» между собой нервные клетки. Вещества, с помощью, которых «пишутся» распоряжения (какое бы химическое строение они ни имели), называют медиаторами, что в переводе на русский язык означает «посредники».

Двери

Работа мозга возможна лишь при контактах между его многочисленными клетками. Средств общения нейронов немного. У них могут быть контакты между двумя аксонами, двумя дендритами и телами клеток, аксодендрические (аксон – дендрит), аксосоматические (аксон – тело клетки) и дендросоматические (дендрит – тело клетки). Всего шесть возможностей, и все шесть используются, хотя основных типов два: между аксоном одной клетки и телом или дендритом второй. На заре возникновения нервной системы преобладал первый тип. Он и сейчас преобладает у примитивных животных.

Аксодендрические контакты имеют существенные преимущества. На поверхности клетки может разместиться относительно немного нервных окончаний. Другое дело дендриты, их разветвления значительно увеличивают поверхность клетки и расширяют возможность клеточных контактов. Имея достаточно большую протяженность, они как бы сами идут навстречу аксонам, подыскивая для себя источники информации.

Может показаться удивительным, что клетки, участвуя в очень важных, чрезвычайно сложных функциях, сами располагают незначительной информацией, передавая команды, а еще чаще просто советы о том, что соседним клеткам

следует возбудиться или, наоборот, прервать свою деятельность.

Трудность передачи информации в том, что каждая нервная клетка, одетая в собственную оболочку, окруженная глиальными клетками и закутанная слоями миелина, – это маленькое самостоятельное государство. Какие бы революции его ни сотрясали, какие бы катаклизмы ни происходили, сор из избы не будет вынесен, все останется внутри клетки.

Для обмена информацией необходимы специальные устройства. В конце прошлого столетия глава английских физиологов Шеррингтон назвал места тесного контакта отростков нервных клеток синапсами, что в переводе с греческого означает «смыкать». В то время Шеррингтону еще не было известно, что нервные клетки обмениваются «письменными» приказами. Тесный контакт наилучшим образом объяснял, как возбуждение переползает с одного нейрона на другой.

Теперь мы точно знаем, что настоящего контакта нет.

Между соприкасающимися волокнами всегда остается заметная щель. Синапсы – это те места, где нервные клетки имеют двери, через которые и происходит обмен информацией.

Нервные клетки эмбрионов дверей еще не имеют. Они появляются позже, когда отростки нейронов, разрастаясь внутри черепной коробки, сталкиваются друг с другом. В местах соприкосновений каждая из контактирующих клеток прору-

бает дверной проем. Теперь не нужно «далеко ходить», чтобы обменяться новостями. Казалось бы, обмен информацией налажен. Увы, все гораздо сложнее: соседи держат свои двери на запоре. Они боятся утечки информации и не желают попадать под чужое влияние.

Нужно честно сказать, что настоящих дверей, то есть дырок в клеточной мембране, ни у одной из нервных клеток нет: мембрана как мембрана, но в ней существуют поры, способные пропускать медиаторы. Хранятся они в крохотных, порядка 200–600 ангстрем, синаптических пузырьках, располагаясь вблизи дверей одной из двух соседних клеток.

Возбуждение любой нервной клетки, любого ее отростка обязательно сопровождается возникновением электрических потенциалов. Казалось бы, все очень просто, электричество – отличный раздражитель, и для передачи возбуждения с одной нервной клетки на другую ничего специально придумывать не нужно. Однако мозг не способен варьировать напряжение электрического тока. Нервная клетка работает по закону «все или ничего», то есть или «молчит», или дает стандартный импульс.

Там, где возбуждение обязательно должно передаваться от клетки к клетке, этот принцип можно было бы применить. В мозгу гораздо чаще ситуация такова, что нервная клетка вовсе не обязана тотчас возбуждаться, если соседка ей в дверь покричит, что возбуждена до предела. Конечно, добропорядочная нервная клетка всегда прислушается к сосе-

ням. Если слухи серьезные, соседи со всех сторон сообщают, что они находятся в состоянии возбуждения, клетка-адресат возбуждается.

Иными словами, нервная клетка возбуждается только в том случае, если адресованная ей информация получит достаточно убедительное подкрепление.



В этом и состоит работа нервных клеток: постоянно взвешивать получаемую от корреспондентов информацию и решать, достаточно ли она основательна. Вот почему нервные клетки высших животных обмениваются между собой химическими посланиями, которые легко дозировать. Когда клетка-корреспондент возбуждена, медиатор из синаптических пузырьков выделяется в синаптическую щель, пространство между двумя клетками.

Предполагается, что только благодаря свободной диффузии молекулы медиатора могут пересечь его за какие-то считанные 1–2 миллисекунды.

Мозг пользуется несколькими медиаторами. Норадреналин, допамин и сератонин вызывают возбуждение адресата. ГАМК (гаммоаминомасляная кислота) – торможение. Ацетилхолин используется и для возбуждения, и для торможения соседних нейронов. Возможно, существуют и другие. Каждый синапс для своей работы использует только один медиатор. Синапсы, где применяется ГАМК, получили название тормозных.

Интересно, что возбуждающие синапсы чаще всего аксондендрические. Клетке-адресату легче собирать информацию с помощью своих многочисленных дендритов.

Тормозные синапсы нередко бывают между аксонами и телом клетки. Приказ затормозиться поступает непосредственно к энергетическим центрам нейрона. Еще чаще тормозные синапсы находятся на аксоне. Клетка будет продолжать генерировать приказы, но они дальше не пойдут. Линия связи окажется заблокированной.

Изучать синапсы очень сложно. Они слишком малы, а количество выделяющегося медиатора ничтожно. Современные химические способы не позволяют исследовать реакции таких малых количеств очень быстро разрушающегося вещества. Понадобилась изрядная изобретательность, чтобы придумать способ извлекать из мозга одни синапсы. Из тщатель-

но измельченного мозгового вещества их отбирают с помощью центрифуги. Помещая желе растертого мозга в сосуд с жидкостью определенной плотности и подбирая скорость вращения, добиваются того, что в осадок выпадают преимущественно нервные окончания.

Этим методом удалось довольно точно определить количество синапсов, которым располагают нервные клетки головного мозга. Оказалось, что в одном грамме коры больших полушарий головного мозга морской свинки содержится 100 миллионов нервных клеток и 350 миллиардов синапсов. Следовательно, каждая клетка располагает 3500 синапсами. Центрифугирование дает возможность рассортировать мозговое вещество на составляющие элементы. Лучше всего сохраняются аксосоматические синапсы. Вырванные из мозга, они еще несколько часов способны сохранять свою функцию.

Откуда нервные окончания берут медиатор? Существует два пути: или он производится на месте, или его изготавливает нервная клетка и переправляет затем к синапсам. Возможность транспортировки вполне реальна. Оболочка аксона является, так сказать, шлангом, трубопроводом, по которому из клетки непрерывным потоком со скоростью 2–11 миллиметров в сутки течет цитоплазма. Не считите указанную скорость слишком мизерной. В сравнении с ничтожным размером нервной клетки она не так уж мала. Все же многие факты свидетельствуют в пользу синтеза медиаторов на месте. Уда-

лось подсчитать, что с током протоплазмы синапсы получают всего 1 процент норадреналина. О производстве остальных 99 процентов им приходится заботиться самим.

Белок, который необходим синапсу, черпается из двух источников: в момент возбуждения преобладает синтез на месте, во время покоя необходимые количества его приносит течением из тела клетки. Одно неясно, куда девается текущая по трубопроводу аксона аксоплазма. Возможно, все приносимое тратится на создание веществ, необходимых для нормальной деятельности синапса. Предположение правдоподобное, однако еще не проверенное.

Замок и ключ

Проблема передачи возбуждения с нейрона на нейрон, с нервного волокна на мышцу возникла одновременно с образованием нервной системы. Электрический способ передачи возбуждения, который использовался на ранних стадиях эволюции, имел одно несравненное достоинство: не требовал сколько-нибудь значительного времени. Химический способ – длинная процедура. Она занимает от 0,5 до 2 миллисекунд. В случае спешки задержка весьма чувствительная.

Электрический синапс хорошо функционирует, если щель между клетками невелика. Он работает как выпрямитель, пропускающий ток от одного нервного волокна к другому значительно легче, чем в обратном направлении. Двустороннее проведение возбуждения тоже не исключено, и в этом одно из отличий электрического способа. Развитый мозг использует химические синапсы и разнообразные медиаторы.

Ученые проникли в тайны передачи возбуждения еще недостаточно глубоко, но уже сейчас ясно, что главным передатчиком служит ацетилхолин. Нет на нашей планете таких существ, нервная система которых использует химические синапсы, но не имеет ацетилхолина. У высших млекопитающих он находится в синапсах нервных окончаний, передающих приказы мышцам. В волокнах, по которым информация

бежит в мозг, используется какой-то другой, еще неизвестный науке медиатор. У насекомых, наоборот, приказы мозга на периферию передаются с помощью глутаминовой кислоты, а в мозг информация поступает и циркулирует внутри центральной нервной системы, видимо, с помощью ацетилхолина.

Ацетилхолин, вероятно, был первым медиатором, созданным природой, ключом, открывающим двери соседней клетки. Его широкое использование связано с тем, что построен он достаточно просто, легко синтезируется, и организм не испытывает недостатка в необходимом сырье. На изготовление этого медиатора используется холин, который образуется в процессе естественного обмена при распаде жироподобных веществ – липидов, и уксусная кислота – обычный продукт обмена углеводов.

В нервных окончаниях, передающих приказы, ацетилхолин упакован в синаптических пузырьках, вмещающих по нескольку тысяч молекул медиатора. Видимо, некоторые двери в клеточной оболочке прикрыты неплотно, так как пузырьки постоянно выливаются в синаптическую щель, по одному в секунду. Такая ничтожная порция ключей не может отпереть двери противоположного фасада. Приказ должен быть более весомым. Когда первый импульс придет в нервное окончание, он всего за 1 миллисекунду выпускает 200–300 пузырьков. В результате выбрасывается солидная связка ключей, достаточная для того, чтобы открыть необходимое

количество дверей.

На дверях противоположного фасада находятся замки – холинорецепторы. О них известно немного. Холинорецепторы слишком малы, чтобы изучать их каждый в отдельности. Можно попробовать сорвать их с дверей, как сдирают с забора старые афиши, и, собрав все вместе, исследовать. Химическим путем удастся что-то «отскоблить» в достаточном для исследований количестве. Только как узнать, содержит ли соскоб замки?

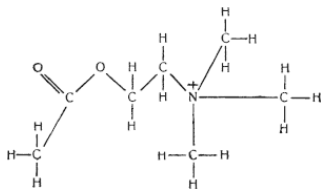
На фасаде здания, имеющего площадь около 200 миллиардов квадратных ангстрем, три миллиона дверей. И на каждой замок. Размер замка сопоставим с величиной ключа, молекулой ацетилхолина, а ее длина при разной степени растянутости не превышает 7–10 ангстрем. Значит, все замки занимают меньше 1 процента площади фасада.

Во время прихода в синапс нервного импульса, в синаптическую щель выбрасывается 5 миллионов ключей, казалось бы, вполне достаточное количество, чтобы отпереть все двери. Однако далеко не все ключи достигают противоположного фасада и еще меньше их попадает в замочные скважины. В результате отпирается не более четверти дверей. Этого с лихвой хватает, чтобы по ту сторону синаптической щели возникло возбуждение.

Молекулы ацетилхолинэстеразы многочисленнее. Только, на противоположном фасаде их 15–20 миллионов, то есть в 3–4 раза больше, чем молекул ацетилхолина. Так что у ме-

диатора достаточно возможностей полностью разрушиться. Его осколки всасываются обратно и используются для синтеза новых молекул медиатора.

Ацетилхолин не очень крупная молекула. Она представляет собой цепочку, состоящую из одного атома азота, двух атомов кислорода, 7 атомов углерода и 16 атомов водорода. На одном ее конце азот удерживает три метиловые группы (CH₃). Эта группа несет положительный заряд. На другом конце находится сложноэфирная группа. А вся молекула имеет следующий вид:



Об устройстве замка можно кое-что узнать, попробовав открыть его отмычкой. Химики так и поступили. Активной частью молекулы ацетилхолина является азот, несущий положительный заряд. Построили молекулу, в которой азот заменили углеродом. Одновременно с этим молекула потеряла свой положительный заряд. Новое вещество вызывало эффект, подобный ацетилхолину, но только в 12 тысяч раз слабее. Значит, бородка у ключа в виде электрического заряда. Это она зацепляется за кулачки замка и открывает его.

Отверстие замка, видимо, имеет форму чаши строго определенного объема. Молекулы с увеличенной головкой работали хуже. Укрупнить головку несложно, заменив мети-

ловые группы $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ -\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ из атома углерода и трех атомов водоро-

да на этиловые $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ | & | \\ -\text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ | & | \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$, где атомов углерода два, а водорода –

пять. Замена одной метиловой группы снижала эффективность медиатора в три-пять раз, замена двух – в сотни раз,

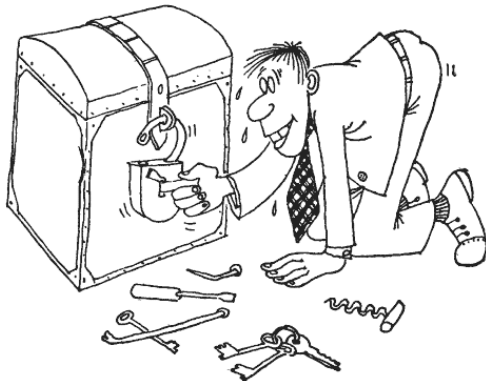
трех – полностью уничтожала его действие. Головка ключа становится так велика, что не лезет в замочную скважину.

Не лучше обстоит дело при уменьшении размера головки. Легко заметить, что все три метильные группы могут быть

заменены атомами водорода. Замена одной метильной группы на водород снижает результативность медиатора в 50 раз,

двух – в 500 раз, а всех трех – в 40 тысяч раз. Головка становится слишком маленькой, хлябает в замочной скважине,

и ключ не может отпереть замок.



Ацетилхолин, как двуглавый орел, оказался с двумя головками. Расстояние между ними известно. В молекуле ацетилхолина атом азота отстоит от атома кислорода на 4,7 ангстрема. Если увеличить это расстояние, вставив в цепочку молекулы дополнительно один, два или больше атомов углерода, ключ не войдет в замочную скважину и двери не откроются.

Зная размер, отмычку подобрать нетрудно. Азот можно заменить любым другим атомом, лишь бы он нес положительный заряд и был отделен от атома кислорода двумя атомами углерода. Главное – размер. Атомы углерода тоже могут быть заменены. Головка этой стороны ключа имеет электрический заряд: третий от азота атом углерода несет положительный заряд, а один из атомов кислорода – отрицательный.

Ну хорошо, двери соседнего фасада открыты, что же дальше? Кто в них должен пройти? Оказывается, не сам медиатор (он всего лишь ключ), а положительно заряженный ион натрия.

Концентрация ионов в клетке и окружающей ее среде неодинакова. Внутри клетки много калия, а снаружи много натрия и хлора. Неравномерное распределение ионов приводит к тому, что внутри клетка заряжена отрицательно, а снаружи положительно. Когда медиатор открывает дверь, в нее устремляются малые катионы: натрий, калий и кальций. Более крупные не проходят, дверной проем для них слишком мал. Отрицательно заряженные ионы дверь не пропускает. Видимо, дверные косяки заряжены отрицательно, а одноименные заряды, как известно, отталкиваются.

Энергичнее всех движется натрий. Сзади его подталкивают силы диффузии, спереди притягивает отрицательный заряд. Навстречу натрию идет калий. Выбираться ему из клетки трудно. Правда, силы диффузии подталкивают, но сзади держит отрицательный заряд, а спереди отталкивает положительный. Поэтому калий движется значительно медленнее натрия. Перемещение ионов приводит к изменению наружного и внутреннего зарядов клетки, они начинают уравниваться.

Это можно сравнить с коротким замыканием. Если оно произошло, автоматически открываются новые двери, специально предназначенные для иона натрия. Он в еще боль-

ших количествах устремляется внутрь клетки. В результате внутренний заряд клетки становится положительным, а наружный из-за убыли положительно заряженного иона – отрицательным. Это приводит к возникновению потенциала действия, то есть к возбуждению клетки.

В тормозных синапсах дверь открывается только для определенного иона. Если открыта калиевая дверь, он устремляется из клетки наружу. Происходит не уравнивание зарядов, а усиление прежних, и клетка становится невозбудимой. В других случаях медиатор открывает двери для отрицательно заряженного иона хлора, сосредоточенного главным образом снаружи. Устремившись в открытую дверь, хлор также увеличивает отрицательный заряд внутри клетки и положительный – снаружи, делая клетку невозбудимой.

О самих дверях известно меньше, чем о запорах. Предполагают, что клеточная мембрана состоит из четырех слоев: два внутренних слоя образуются липидами, а два наружных – белками. Вероятно, липидный слой не сплошной. В местах разрыва липидной оболочки молекулы белка могут проникать – внутрь, двигаясь навстречу друг другу по его краям, пока не встретятся. В этом месте сначала должна появиться вмятина, а затем и дырочка. Электрические заряды ключа-медиатора являются толчком, вызывающим дырообразование.

Изучение роли медиаторов позволило выяснить, что же ломает кураре: замок или ключ. Оказалось, ни то и ни дру-

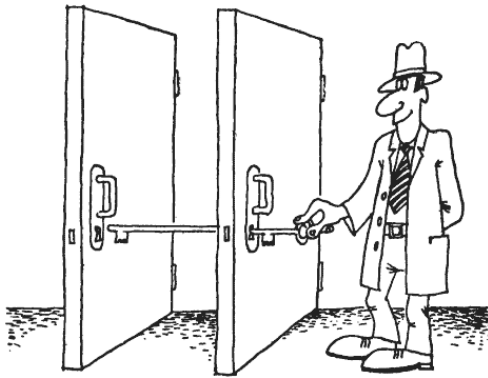
гое. Молекула курарина имеет сродство к холинорецептору, то есть к замку. Оно, как ключ, вставляется в замочную скважину, однако открыть дверь не может. У нее нет электрического заряда. Настоящий ключ (ацетилхолин) в заткнутую замочную скважину попасть не может. Двери остаются запертыми, возникает паралич.

Нарушить работу синапса можно многими способами. Удалось синтезировать вещества, которые препятствуют холину, образовавшемуся в результате распада ацетилхолина, всасываться обратно в нервное окончание. Тогда, если мозг непрерывно шлет приказы и ацетилхолин постоянно выделяется в синаптическую щель, запасы его могут вскоре иссякнуть, а синтез прекратится из-за отсутствия исходного материала. Можно «подсунуть» в нервное окончание вещество, из которого вместо ацетилхолина синтезировались бы похожие молекулы, но не обладающие его активностью. В обоих случаях наступит паралич.

Кураре не получил применения в медицинской практике, но фармакологи отыскивали немало соединений, которые можно использовать для устранения судорожных сокращений мышц. В их числе обнаружили вещества, отлично блокирующие холинорецептор, хотя их строение сильно отличалось от структуры ацетилхолина. Их молекулы были значительно крупнее, и вместо одной они имели две отрицательно заряженные головки. У наиболее эффективных веществ атомы азота были разделены 10 или 16 атомами углерода, то

есть расстояние между ними равнялось соответственно 14 и 20 ангстремам. Загадка не из легких.

Наиболее достоверно предположение, что двери или, во всяком случае, замочные скважины не разбросаны как попало, а сгруппированы по четыре. Тогда молекула курареподобного вещества длиной 14 ангстрем будет иметь возможность, располагаясь вдоль любой из сторон квадрата, блокировать сразу два холинорецептора. В этом случае, чтобы подавить все холинорецепторы, нужно вдвое меньше молекул, а эффект окажется более надежным, так как ключ прочнее удерживается в двух замочных скважинах сразу. Понятен и эффект действия более длинных молекул. Они, располагаясь по диагоналям квадрата, также могут одновременно заткнуть две замочные скважины, блокировав два холинорецептора. Возможно, квартеты замочных скважин тоже сгруппированы и длинные молекулы курареподобных веществ могут блокировать две замочные скважины из разных квартетов. Вероятно, холинорецепторы функционально объединены, поэтому введение в одно из отверстий ключа повышает активность остальных трех замочных скважин, и они охотнее соединяются с ацетилхолином.



Расположение мышечных рецепторов было не всегда так строго упорядочено. У низших моллюсков и асцидий (одного из наиболее примитивных хордовых) замочные скважины разбросаны беспорядочно. Упорядочение холинорецепторов по два наблюдается у осьминогов, морских звезд и миног. Мышцы этих животных очень чувствительны к веществам, в которых атомы азота разделены 16 атомами углерода. У рыб обнаруживается активность и к препаратам с 10 атомами углерода. Значит, у них уже появляются квартеты холинорецепторов. А у птиц и млекопитающих отдельных пар, видимо, нет, и существуют только квартеты. Новорожденные малыши квартетов не имеют. У мышат, крысят, котят, щенят они формируются по мере роста.

Как медиаторы попадают в синаптическую щель, еще неясно. Существует предположение, что нервный импульс

открывает очень немного дверей, но ключи, высыпавшиеся из них, используются в первую очередь для того, чтобы снаружи открыть остальные двери. Только теперь, когда ключей в синаптической щели оказывается достаточно много, они попадают в замочные скважины дверей на противоположном фасаде.

Есть мнение, что собственные двери нервные волокна-корреспонденты отпирают всегда с помощью ацетилхолина (он упакован в более мелкие пузырьки и проходит в узкие отверстия), а дверь на другой стороне синаптической щели может открываться другим медиатором. Замочные скважины основных дверей находятся только снаружи. Изнутри отпереть их нельзя. Нервный импульс распаивает только маленькие дверки, через которые протискиваются худенькие пузырьки ацетилхолина. С помощью оказавшихся снаружи ключей отпираются ворота для другого медиатора, а он отворяет двери клетки-соседа.

Чтобы ключи не использовались дважды, молекулы ацетилхолина разрушает фермент холинэстераза. Другое вещество уничтожает холинэстеразу. Введенное в организм, оно значительно удлиняет время действия порции ацетилхолина. Еще значительно возрастает время работы синапса там, где ацетилхолин лишь выполняет роль привратника, открывающего дверь другому медиатору. В этом случае, пропустив связку ключей, распахнутые двери не захлопнутся тотчас же, и в синаптическую щель в течение многих часов будет по-

ступать медиатор, пока клетка не израсходует своих запасов.

Действие многих биологических ядов основывается на блокировании ацетилхолина. Морские моллюски и рыбы содержат сенециоилхолин, уроканоилхолин и другие холины, обладающие курареподобным действием. Их укус или укол шипами так же опасен, как стрелы воинов «золотого короля».

Иного характера яд змей. В южных районах Азии и на Цейлоне обитает не очень крупная змея – индийский крайт, наводящий ужас на местное население. По количеству смертельных случаев крайт занимает в Индии второе место. В железках, находящихся у корней зубов, содержится 5 смертельных для человека порций яда. Почти так же страшны пама из южных районов Азии, а в Австралии – великолепная денисония. Действующее начало яда – антихолинэстеразные вещества. Один грамм сухого яда индийского крайта может уничтожить за час около полукилограмма ацетилхолина. Такого количества ключей, вероятно, не найдется в организме самого крупного кита. Оставшись без ключей, нервная система утрачивает работоспособность и перестает руководить работой мышц. Функции организма постепенно угасают, нарушается сознание, из-за паралича мышц прекращается дыхание, и наступает смерть.

Медики не отстали от природы. Они создали много холиноподобных веществ. Тубокурарин и сходные соединения способны заблокировать мышечные холинорецепторы и пре-

кратить судороги. Другие курареподобные вещества проникают в мозг и снимают судороги мозгового происхождения. Созданы вещества, имеющие сходное с ацетилхолином действие. Их используют для стимуляции дыхания.

Вниз по лестнице, ведущей вверх



Колумб мозга – Герофил

Город Александрия был заложен Александром Македонским как новая столица эллинского Египта. После смерти великого полководца здесь обосновался один из его сподвижников, Птолемей I Сотер, положивший начало династии Птолемеев. Он не принял участия в жестоких битвах за раздел и перераздел всемирной империи, которые вели между собой все остальные военачальники александровской когорты. Вместо этого он отстраивал столицу, укреплял свою власть в Египте.

Вероятно, самым выдающимся деянием его жизни было создание Мусейона, что в переводе на русский язык должно обозначать «обиталище», или «дом муз». Не правда ли, неплохая задумка?

Греческий пантеон насчитывал девять муз. Две из них

заведовали науками. Клио занималась историей, а Урания представляла точную науку – астрономию. Остальные увлеклись искусством: Мельпомена – трагедией, Талия – комедией, Терпсихора – танцем, Эрато – любовными песнями, Каллиопа – эпической поэзией, Полигимния – религиозными песнопениями, Эвтерпа – лирической поэзией. Мусейон был большим общежитием, но не следует думать, что там действительно обитали вышеперечисленные красотки. Дом муз был научно-исследовательским институтом, возможно, первым в мире. Здесь жили и работали ученые, сходясь вместе прохладными вечерами во время прогулок в парках Мусейона для спокойного обмена мнениями или жарких дискуссий.

В Мусейон ученых привлекало не только хорошее финансирование науки, на которое, говорят, Птолеми были достаточно щедры, но и одна из лучших библиотек того времени, собранная частично с помощью золота, частично путем обмана. Неудивительно, что в Мусейоне работало немало выдающихся ученых, таких, как географ и математик Эратосфен, сумевший вычислить диаметр Земли с достаточно высокой по тем временам точностью в 75 километров, математик Эвклид, написавший 13 томов «Начал» геометрии, астроном Аристарх Самосский, почти за 2 тысячи лет до Коперника установивший, что Земля – шар, вращающийся вокруг Солнца, и основоположник автоматики Герон. Там же работал врач Герофил.

Музейон тех дней был единственным местом на Земле, где можно было решиться на вскрытие человеческих трупов. Занимаясь анатомией, Герофил пришел к выводу, что головной мозг – во-первых, центр всей нервной системы, а во-вторых, орган мышления. Может показаться странным, что о таком очевидном факте до него никто не подозревал.

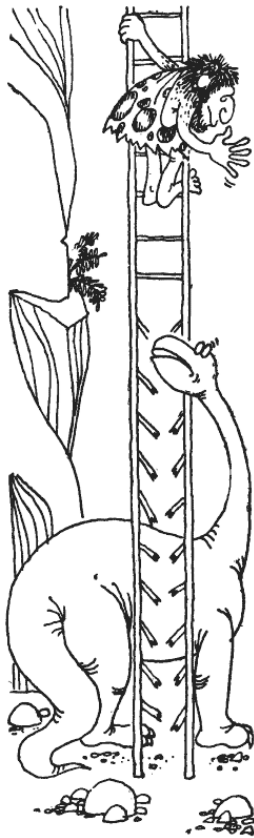
Предмет оказался трудным для изучения. Прошло почти две тысячи лет, прежде чем накопилось достаточное количество сведений о происхождении мозга и его строении и появилась возможность сделать первые, очень робкие шаги, чтобы понять его функции.

Лестница

История мозга своими корнями уходит очень глубоко. 2–3 миллиарда лет природа колдовала над живыми организмами, прежде чем из жиденькой сети нервных клеток, из крохотных нервных узелков возникла наиболее сложно устроенная на нашей планете материя – человеческий мозг. Знать, как это произошло, необходимо. Прослеживая, как этап за этапом усложнялась высшая нервная деятельность животных, лучше понимаешь работу человеческого мозга.

За 70 лет поисков и находок исследователи поведения животных сумели спуститься до самой последней ступеньки грандиозной лестницы эволюции. Отправимся туда и мы, чтобы затем пройти путем, которым карабкались наверх животные нашей планеты. Нам придется подниматься быстро, перепрыгивая через пять-десять ступенек сразу. Лишь на самых важных удастся задержаться на короткое мгновение.

Какие ступени эволюции наиболее важны? Решить этот вопрос – значит ответить на основные загадки мозга, а они, как известно, еще не разгаданы. Я поведу вас так, как мне представляется целесообразным, не претендуя на то, что выбранный мною путь самый правильный.



Итак, два-три миллиарда лет назад в солоноватом бульоне мировых океанов появились первые комочки живого вещества, прообразы настоящих одноклеточных организмов. Они обладали основным качеством, присущим всему живо-

му, – свойством раздражимости и способностью передавать возбуждение из одного участка крохотного организма другому, то есть проводимостью.

Позже некоторые организмы стали селиться вместе, образуя колонии. Такие компанейские одноклеточные существа стали прообразом первых многоклеточных организмов. Многоклеточный организм – большое хозяйство; чтобы разумно управлять им, целесообразно иметь какой-нибудь командный пункт. Ничего похожего поначалу не было. Все клетки первых многоклеточных организмов были равны между собой. Любая из них имела право возбудиться, а когда возбуждение распространится на всю клетку, могла передать его ближайшей соседке. Вот и все новшество. На Земле и сейчас существуют примитивные организмы, не имеющие специальных систем управления. Это губки. Передавая возбуждение от соседа к соседу, губки способны осуществлять некоторые координированные акты.

Медузы и актинии живут во всех морях земного шара. Внешне они выглядят совсем неинтеллектуальными существами, какими действительно и являются. Но посмотрите, как ловко хватает актиния проворных и юрких рыб и, облепив щупальцами, тянет в рот. Отдаленные предки этих животных первыми обзавелись примитивным аппаратом для координации движений. У них появились особые клетки, главной функцией которых стали раздражимость и проводимость. Они первые отзываются на воздействия окружающей

среды и быстро передают возбуждение остальным клеткам, позволяя организму немедленно реагировать.

У типичной нервной клетки небольшое тело и несколько отростков, по длине значительно превосходящих саму клетку. Их задача обеспечить связь между отдельными районами тела. Раздражение любого участка тела может очень быстро вызвать возбуждение всего организма. Объединяя все части тела животного, нервная система является главным интегратором организма.

Нервная система кишечнорастных (к ним и относятся актинии, гидры, медузы) весьма примитивна. Она представляет собой довольно жиденькую сеть нервных клеток. Их три типа: чувствительные, двигательные и ассоциативные. Первые предназначены для восприятия падающих на организм раздражений, вторые передают возбуждение на сократимые клетки тела, а клетки третьего типа обеспечивают связь чувствительных и двигательных нейронов, передавая возбуждение от первых ко вторым. Одна чувствительная нервная клетка может быть связана своими отростками с несколькими ассоциативными клетками, а те, в свою очередь, имеют контакт с несколькими другими ассоциативными и двигательными нервными клетками. Вот почему при ловле добычи щупальца действуют быстро и координированно.

Определенным усовершенствованием нервной системы стало появление сгущений нейронов и их отростков в тех местах, где требовалась согласованная работа большого ко-

личества сократимых клеток. Нервные тяжи, образованные такими скоплениями, есть у гидр и актиний. У медузы два нервных кольца проходят по краю купола, что позволяет ей, сжимая купол, активно передвигаться в толще воды.

Затем возникли более четко выраженные нервные тяжи, где оказалось сосредоточенным большинство нервных клеток. Такая нервная система в виде самостоятельного органа впервые появилась у гребневиков, животных, напоминающих медуз, и достигла вершины развития у плоских червей. У них все клетки собраны в нервные тяжи, которые, многократно пересекаясь, покрывают реденькой сетью все тело червя.

Нервная система в виде сети нервных стволиков – значительное достижение эволюции. Но, пойдя по этому пути, природа оказалась бы в тупике. Такая нервная система слишком сложна и громоздка и сама нуждается в руководящем органе.

Верховный командный центр нервной системы впервые появился у наиболее развитых плоских червей. В местах пересечений нескольких крупных стволиков у них возникли утолщения – ганглии, скопления нервных клеток. Ганглии в первую очередь образуются вблизи органов чувств и важнейших органов тела: глаз, органа равновесия, глотки. Постепенно к ним переходит верховная власть.

Нервная система, построенная из ганглиев, оказалась удачной. У кольчатых червей, которые, по-видимому, про-

изошли от плоских, все нервные клетки собраны в ганглии, а в нервных стволах, их соединяющих, проходят лишь отростки этих клеток. В каждом членике червя находится пара ганглиев, соединенных перемычками между собой и с ганглиями соседних члеников тела и посылающих нервы к ближайшим органам. Первая пара бывает самой крупной и выполняет наиболее сложную работу, так как именно сюда поступает важнейшая информация от зрительных и обонятельных анализаторов, а также органов равновесия.

Первые ганглии держат в известном подчинении всю остальную часть нервной системы. Они прообраз головного мозга высших животных. У некоторых видов высших кольчатых червей все ганглии сблизилась между собой, составляя единое компактное образование. Такая нервная система отчасти напоминает мозг низших позвоночных животных. У ланцетника, одного из самых примитивных представителей хордовых животных, она имеет вид однородной нервной трубки. Головного мозга у него нет. Все остальные представители позвоночных, стоящие на эволюционной лестнице выше ланцетника, им обладают.

У миног и миксин в головном мозге можно различить все основные отделы. Сохраняя в самых общих чертах единый план строения от миноги до человека, все отделы мозга претерпевают значительное развитие.

Наиболее интенсивно эволюционирует передний, или, как правильнее называть, конечный мозг. У миног, миксин и на-

стоящих рыб конечный мозг занят лишь анализом сведений, добытых с помощью обоняния. Правда, самые новейшие исследования показали, что и другие органы чувств, в том числе глаза, шлют сюда какую-то информацию, но только не о том, что видят. Возможно, глаза доводят до сведения конечного мозга лишь сам факт поступления новой информации, не раскрывая ее содержания. Остальные органы чувств отправляют сообщения, каждый в особый отдел головного мозга, которые недостаточно хорошо связаны между собой. В таком мозгу не развита способность комплексно обрабатывать всю поступающую информацию.

У амфибий и особенно у рептилий все больше и больше сведений начинает поступать в конечный мозг. Он становится средоточием всех высших психических функций.

Особенно серьезные изменения претерпевает мозг млекопитающих. У них также главным образом развивается конечный мозг, в первую очередь кора больших полушарий. Уже у самых низших млекопитающих для всех видов чувствительности в коре намечаются анализаторные зоны, хотя они еще усердно помогают друг другу. По мере эволюции помощь постепенно сокращается, и у высших млекопитающих каждая анализаторная зона получает информацию только об одном виде раздражителей.

Важный этап эволюции – возникновение в мозгу грызунов и близких к ним животных крохотных зон, которые в анализе показаний рецепторов непосредственного участия не при-

нимают. В эти участки попадает информация, уже прошедшая обработку в других отделах коры, поэтому они называются вторичными, или ассоциативными зонами. Здесь совместно обрабатывается информация от различных анализаторов.

Ассоциативные отделы коры развиваются наиболее бурными темпами. У хищных животных, собак и кошек они уже имеют существенные размеры. В коре обезьян эти зоны перекрытия – так их тоже принято называть – занимают четвертую или даже третью часть, а у человека – подавляющую часть коры, оставляя для анализаторных зон лишь незначительные по размерам участки. Именно деятельность ассоциативных областей коры больших полушарий обеспечивает выполнение высших функций нашего мозга. Они-то и делают нас людьми.

Кирпичики

Очень бегло рассказав о постепенном развитии и усложнении мозга, я хочу вновь вернуться на первую ступеньку, чтобы рассмотреть эволюцию высших функций мозга. Но сначала несколько слов об условном рефлексе.

Широко известно, что до И.П. Павлова никто толком не знал, как изучать высшие функции мозга, а посему никто за это и не брался. Ведь изучать предстояло физиологию психических актов. Естественно, что для начала желательно было исследовать наиболее простой психический акт. Павлову с первых же шагов удалось взять быка за рога. Он сумел придумать метод изучения мозга, нашел элементарнейшее психическое явление, которое одновременно оказалось и физиологическим явлением – условным рефлексом, тем универсальным кирпичиком, из которых строится все здание мыслительной деятельности.

В наши дни трудно встретить человека, не знакомого с учением И.П. Павлова об условных рефлексах. Это дает мне возможность повторить лишь самое основное.

Условные рефлексy не передаются по наследству, а вырабатываются в индивидуальной жизни. Для этого необходимо совпадение во времени действия как минимум двух раздражителей. Лучше, если первый будет безразличен для животного, зато второй должен вызывать какую-нибудь реак-

цию. При их повторных сочетаниях временная связь между нервными элементами, воспринимающими первый раздражитель, и мозговым центром того рефлекторного акта, который вызывается вторым, замыкается, и вырабатывается условный рефлекс.

К сожалению, я должен констатировать, что ученые, занимающиеся исследованием высших функций мозга, до сих пор не знают интимный механизм образования условных рефлексов, место локализации их в мозгу.

И среди людей, далеких от биологии, и в среде физиологов, занимающихся изучением нервной системы, всегда находится немало скептиков, которые не могут представить себе, что все сложное здание мыслительной деятельности строится из таких простых элементов, как условный рефлекс. Я мог бы напомнить неверующим, что большинство величайших творений зодчих построено из простого кирпича, а одно из семи чудес света – висячие сады Семирамиды даже из кирпича необожженного. Так что на этот аргумент вряд ли стоит обращать внимание. Однако, если быть объективным, следует сказать, что скептики правы, если они имеют в виду временные связи, подобные секреторным условным рефлексам собак, особенно интенсивно изучаемым в павловских лабораториях.

Суть ошибки в том, что временных связей великое множество и все они, оставаясь элементарнейшим явлением психической деятельности, сильно различаются между со-

бой по сложности и совершенству. Здание мыслительной деятельности человека строится из лучшего строительного материала. О совершенствовании стройматериалов и улучшении строительной техники и пойдет здесь речь.

Даже самых примитивных одноклеточных животных можно кое-чему научить. Пустив инфузорию туфельку в мини-водоем, целиком помещающийся в поле зрения микроскопа, у нее можно выработать условную реакцию остановки на границе света и тени, если за переход в затемненную часть бассейна всякий раз «наказывать» ударом тока. Кстати, о том, что у инфузорий есть память, первым догадался барон Мюнхгаузен. Иммерман, обработавший его воспоминания (книга была опубликована у нас в 1838 году, за 65 лет до работ И.П. Павлова!), приводит следующее высказывание барона: «Я нашел, что инфузории, быт которых, между прочим, занимает меня в последнее время, представляют собой, в сущности, недоразвившихся карпов и обладают памятью». Редкий случай, когда отъявленный враль оказался прав, во всяком случае наполовину.



Образовавшийся у инфузории навык не условный рефлекс. Выбатывается он с большим трудом, а сохраняется очень недолго. Через несколько минут, самое большее полчаса, тифелька все забудет. Чтобы восстановить навык, нужно повторить всю длительную процедуру опыта. Сама она никогда не вспомнит, что на темную половину заплывать опасно. При образовании такой реакции никакого замыкания не происходит. У тифелек просто не в чем замыкаться временным связям, ведь весь организм инфузории одна не очень крупная клетка.

Механизм этой реакции иной: понижение возбудимости (а следовательно, и двигательной активности) под влиянием темноты. Сходными формами нестойкой памяти пользуемся и мы. Она очень удобна для оперативной деятельности типа устного счета, когда на несколько десятков секунд надо

удержать в памяти исходные числа, чтобы произвести с ними арифметические действия. Уже через 5–10 минут, а иногда и раньше, мы их полностью забудем.

Естественно, возбудимость может не только повыситься, но и понизиться. Инфузорию стилонихию пугает вибрация. Если дотронуться до поверхности мини-водоема, где ползают стилонихии, они все разом остановятся и на мгновение съежатся. Пугнем инфузорий 10–15 раз подряд. Движение воды в аквариуме – первый признак приближающейся опасности. В нашем опыте вибрация многократно повторяется, но ничего неприятного за ней не следует. Поэтому каждое очередное воздействие начинает вызывать снижение возбудимости. Стилонихии съеживаются все меньше и меньше и наконец совершенно перестают обращать внимание на «запугивания» экспериментатора. На Западе этот вид обучения называют привыканием.

Появление нервной системы на первых порах не внесло ничего нового. Крохотное примитивное существо – пресноводная гидра отвечает на удар электрического тока сокращением своего туловища-стебелька и щупалец. Если удар тока систематически предварять вспышкой, то вскоре один свет будет заставлять гидру съеживаться в комочек. Но и это еще не настоящий условный рефлекс, а скорее суммационный. Удар электрического тока оставляет после себя на некоторое время повышенную возбудимость нервной системы. Действие следующего, суммируясь с предыдущим, еще боль-

ше увеличивает возбудимость. После нескольких электрических ударов, следующих друг за другом с короткими интервалами, возбудимость может настолько возрасти, что любой слабый раздражитель, например свет, окажется способным вызвать оборонительную реакцию. Поэтому сочетать свет и удары электрического тока не обязательно, хотя это и помогает проявлению суммационного рефлекса.

Подобные реакции, возникающие в течение жизни животных, являются высшим достижением психической деятельности для плоских червей – планарий, для дождевых червей, а в ряду хордовых – для ланцетников.

Способность к образованию настоящих условных рефлексов впервые возникает у высших кольчатых червей – полихет, а в ряду позвоночных – у рыб. Главная особенность условных рефлексов, резко отличающая их от примитивных временных связей низших животных, – феномен замыкания, то есть функциональное объединение нервных центров. В обычном условном рефлексе нейроны, к которым приходит информация о действии условного раздражителя, функционально объединяются с центром безусловного раздражителя. Например, при образовании пищевого условного рефлекса на звук звонка у животного замыкается связь между звуковым анализатором и пищевым центром.

Нетрудно заметить, что в выработанных реакциях животных отражены закономерности, существующие в окружающей среде. Падают с дерева капли, но за ними не следует

ничего более неприятного – у стилонихий вырабатывается реакция привыкания, они перестают обращать внимание на микросотрясения. Простая закономерность: падение капли не предвещает опасности. Получает собака еду каждый раз, как прозвучит звонок, условный рефлекс отражает закономерную связь сигнала о появлении пищи с самой пищей. Еще одна особенность: в образованных реакциях могут получить отражение лишь закономерности, имеющие для животного непосредственное значение.

Условный рефлекс можно выработать не только на такие простые раздражители, как звонок или вспышка света, но и на более сложные, комплексные воздействия. Попробуем, например, использовать для образования рефлекса одновременное действие трех раздражителей – зрительного (мигание света), звукового (звонок) и кожного (легкое покалывание кожи). В ответ на сложный сигнал наши подопытные должны потянуть за кольцо, и за это получают: черепаха – листик салата, собака – кусочек мяса. Условный рефлекс одинаково легко выработается у обоих животных. Разница только в том, что черепаха будет реагировать на любой отдельно взятый компонент, а собака – только на комплекс. Это значит, что для собаки он стал особым светозвукокожным раздражителем, отличным от действия каждого из трех входящих в него компонентов.

Механизм явления понятен: одновременное действие компонентов комплекса привело к образованию временных

связей между нервными центрами, к которым эти раздражители адресуются. У рыб, амфибий и рептилий временные связи между компонентами сложных раздражителей еще не образуются.

Ученые заинтересовались, а не могут ли возникнуть у высших животных временные связи, если просто сочетать вспышки света и звучание звонка, не сопровождая эту процедуру дачей пищи. Оказывается, образуются, хотя и не очень прочные.

Новый кирпичик – новая временная связь (ее называют ассоциацией) на первый взгляд кажется небольшой прибавкой. На самом же деле появление нового строительного материала стало переломным моментом, переходом от мышления низших существ к мыслительной деятельности высших животных и человека. В таких ассоциациях получают отображение любые закономерности внешнего мира, в том числе и не имеющие для животного непосредственного значения. Следовательно, эти кирпичики позволили заложить фундамент безграничного познания окружающего мира.

На основе подобных ассоциаций у человека развилась речь, или, как говорят физиологи, вторая сигнальная система, так как слова являются сигналами простых сигналов, любых явлений, которые воспринимаются нашими органами чувств.

Вторая сигнальная система – это и новый, наиболее совершенный строительный материал, и, что еще важнее, новый

принцип кодирования и обработки получаемой информации. Вторая сигнальная система позволяет формировать понятия, использовать логический принцип, тем самым вскрывая более сложные, скрытые закономерности окружающей действительности, и создавать науку.

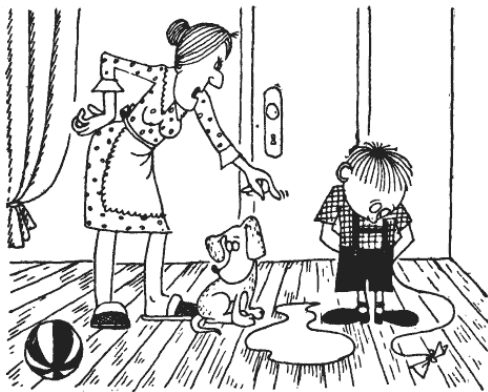
После создания Ч. Дарвином теории эволюции у ученых появился большой соблазн проследить историю развития человеческого интеллекта. Одна из первых попыток принадлежит Роменсу, другая – Гаше-Супле. Сейчас они вызывают только улыбку.

Лестница, построенная Роменсом, интересна как попытка найти ступеньки, общие для животных разного уровня развития и детей разного возраста, то есть сравнить интеллект ребенка и животного. Свой ряд он начинает с морских ежей, морских звезд и ребенка в возрасте одной недели. Их интеллект, по Роменсу, исчерпывается способностью получать удовольствие или страдание и в развитии памяти.

Насекомые, пауки и десятидневные дети способны удивляться, бояться, а членистоногие еще и узнавать свою молодь. Высшие насекомые и дети в 3,5 месяца обладают разумом, способны ревновать, сердиться и играть.

Птицы и восьмимесячные дети обладают гордостью, признательностью, способностью создавать образы, видеть сновидения и эстетически любить. Низшие обезьяны, слоны и годовалые дети приобретают мстительность, умеют соблюдать обычаи и способны к забвению. Наконец, человекооб-

разные обезьяны, собаки и начинающие говорить дети испытывают стыд, угрызения совести, чувство смешного и способны к обману.



Будем снисходительны к Роменсу. Он был пионером. Жаль только, что мы никогда не узнаем (а в трудах Роменса об этом ничего не сказано), почему приобретение способности гневаться, мстить и обманывать свидетельствует о развитии интеллекта. Казалось бы, наоборот! Или о чем говорит способность видеть сновидения? Еще интереснее, откуда он узнал, что пауки способны удивляться, а собаки испытывать угрызения совести.

Лестница Гаше-Супле более научна. Он пытается определить уровень развития на основе способности к дрессировке. Самым низшим животным присуще только возбуж-

дение. На следующем этапе появляется способность подчиняться принуждению, затем воздействию человека, наконец, более сложному и полному воздействию и так далее. Рациональное зерно в построениях Гаше-Супле, безусловно, есть, но реализация явно неудовлетворительная.

Одноногая Мег

Развитие искусства непредсказуемо. Никто не мог предвидеть появления абстрактной живописи, никто не скажет, как будет она восприниматься через сто лет. Я не возьмусь дать ей оценку. Для меня несомненно одно – она принесла определенную пользу для... биологии. Появление абстракционистов помогло нам заметить, что животные способны рисовать. До того никому не приходило в голову разляпистую мазню красками по стенам и полу называть картинами.

Манипулировать с предметами, оставляющими след, так сказать, рисовать, способны в основном антропоиды: шимпанзе, гориллы, орангутаны, редко низшие обезьяны. Как и среди людей, художественно одаренные субъекты попадаются не часто. Одно из восходящих светил, южноамериканскую обезьяну капуцина, воспитал зоопсихолог из Чикагского университета доктор Г. Клювер. Он назвал ее П-И.

Малютка П-И просто одержима страстью к рисованию. Ее талант прорезался как-то сам по себе. Рисовать П-И никто не учил. По собственному почину в свободное от работы (лабораторных экспериментов) время обезьяна выцарапывала на цементном полу лаборатории всевозможные зигзаги всем, что могло оставлять след. Когда П-И дали мел, стало совершенно очевидно, что ее интересует не просто сам процесс появления штриха. Она рисует, создавая на поверхности по-

ла отдельные композиции. Закончив один набросок, обезьяна передвигается на чистое место, пока на полу не останется ни одного свободного участка или не кончатся мелки.

Немало искусствоведов и зоопсихологов занимаются обезьяньим творчеством. О нем написаны целые тома.

П-И тоже относится к своему увлечению вполне серьезно, но не совсем самокритично. Она никогда не исправляет нарисованного. Видимо, П-И чрезвычайно высокого мнения о своих способностях. Во всяком случае, ни одна картина известных мастеров, даже Рафаэля, не вызывала у нее столь пристального внимания, как собственная мазня.

Для П-И не было большего удовольствия, чем обнаружить утром на полу лаборатории свои картины. Она часами рассматривала их с разных позиций, осторожно дотрагивалась пальцами до особенно удавшихся штрихов. Очевидно, обезьяна точно знала, что ею нарисовано. Напольные картины вызывали у нее вполне определенные ассоциации. Одни изображения она лизала, другие нюхала, третьи нежно гладила.

Особенно удавались П-И цветные картины. После недолгого раздумья художница выбирала мелок для центрального звена композиции. Нанося всевозможные штрихи и линии, обезьяна добивалась появления в центре будущей картины однотонного пятна. Затем переходила к другим цветам, окружая пятно разноцветным орнаментом линий и фигурок. Любой абстракционист непременно присовокупил бы

подобному шедевр пикантное название: «Озарение», «Одноногая Мег», «Трансконтинентальный экспресс» или, на худой конец, «Раки в кафе Клозери де лила (Сиреневый хутор)». П-И, к сожалению, этого не может, и нам остается только гадать (чем, кстати сказать, усердно занимаются зоопсихологи), что она хочет сказать миру своими творениями.

Наши предки – первобытные люди ужасно много рисовали. Самые ранние рисунки, дошедшие до нас, имеют 10–30-тысячелетнюю давность. Древние художники не выписывали детально всю обстановку. Изображение лаконично. Фигуры людей стилизованы. В наши дни так рисуют лишь некоторые карикатуристы.

Между картинами современных животных и первобытных людей бездонная пропасть. (Повторяю, мы не знаем, что изображено на картинах П-И и ее товарок.) Рисунки первобытных людей трактуются однозначно. Они удивительно динамичны, передают напряженный драматизм событий и понятны даже маленьким детям. Так рисовать животные не могут. Мало того, они не способны читать изображение. Любая самая реалистическая картина остается для них всего лишь узором пятен и линий. Вот еще одно существенное различие между человеком и животным. Только человек может создать картину, только человек может ее увидеть.

Мы реагируем на картину иначе, чем животные на любой природный раздражитель. У них оборонительная реакция возникает лишь при появлении реальной опасности. У

нас картина способна вызвать состояние тревоги, страха, даже ужаса – реакцию, совершенно не совпадающую с конкретной ситуацией момента.

В чем причина того, что животные не воспринимают картин? Информация, получаемая зрительной системой человека при созерцании картины, столь искусственна, что ученым до сих пор непонятно, как мозгу удается ее систематизировать, провести всеобщий анализ и прийти к какому-то выводу.

Картина во всех отношениях удивительная вещь. Во-первых, наш глаз вместо пятен, линий, точек фактически видит не их, а совершенно конкретные предметы. Во-вторых, мы воспринимаем их реальную величину, которая может быть и во много раз больше всей картины, и значительно меньше ее. Наконец, являясь, по существу, двухмерным объектом, картина демонстрирует нам объемные предметы, передавая их взаимное расположение в трехмерном пространстве. Все это возможно лишь потому, что узор красочных пятен или фотографических зерен передает понятные нам символы.

Трудно сказать, какая символика – зрительная или звуковая – родилась раньше. Возможно, они развивались одновременно, с самого своего возникновения продвигаясь вперед, так сказать, рука об руку. Несомненно одно, что 6–8 тысяч лет назад зрительная символическая система протянула руку дружбы звуковой, что позволило создать, видимо, первую в мире письменность – шумерскую клинопись.

Символы самых древних письменностей: шумерские пиктограммы, египетские иероглифы или ранние китайские идеограммы передают названия отдельных предметов, действий, ситуаций и лишь в крайнем случае слоги. (Пиктограмма – рисунчатое письмо, происходит от латинского *pictus* – писанный красками – и греческого *γράμμα* – пишу. Ни язык рисовавшего, ни конкретные слова пиктограмма не отражает. Слово «иероглиф» происходит от греческих слов *ἱερός* – священный и *γλύφειν* – то, что вырезано, и значит – священные насечки, письмена. Идеограмма – письменный знак, выражающий понятие.)

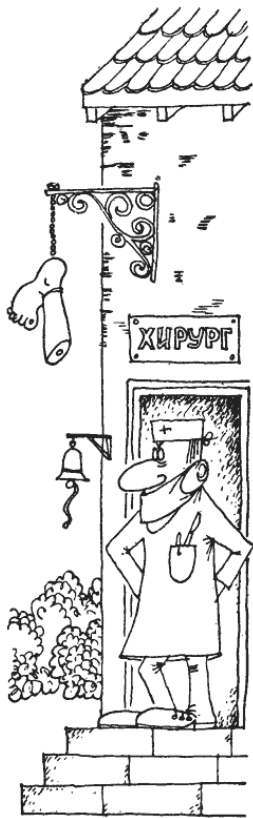
На ранних стадиях развития письменная речь всегда являлась способом, позволявшим с помощью рисунка передавать окружающим свои мысли. Но сколько десятков и сотен тысячелетий должно было пройти, прежде чем первобытные люди научились видеть в узоре штрихов и пятен символы окружающих их предметов, ни один палеонтолог, ни один археолог сказать не может.

Письменная речь на нашей планете прошла еще небольшой путь, но уже проделала ряд метаморфоз. От письма с помощью рисунков и слогов большинство народов перешло к буквенному, гораздо более простому и удобному. Между прочим, буквенное письмо за свою многовековую историю полностью не утратило связи с пиктограммой. Конечно, структура современного буквенного знака не передает предмет целиком; это всего лишь набросок более полного наброс-

ка, а значит, все-таки рисунок.

Овладев грамматической письменностью, мы не забросили громоздкие пиктограммы. Пока без них обойтись не удастся. Они окружают нас повсюду. В первую очередь дорожные знаки. Большая часть их понятна без специального разъяснения. Стрелки обозначают повороты и перекрестки, зигзаги – неровность дороги, человеческие фигурки – переход, две автомашины, идущие в одном направлении, – запрещение обгона.

Очень распространены пиктограммы-вывески. Еще не так давно сапожник вешал над входом в свою мастерскую сапог, а булочник – крендель. Современные оформители витрин любят помещать за стеклами рисунки или муляжи свиных окороков или краковской колбасы. На дверях, ведущих в туалет, вешают изображения петушков и курочек или стилизованные изображения человеческих фигурок в брюках или юбке. Такие пиктограммы имеют хождение даже в Шотландии, где в торжественных случаях мужчины по-прежнему облачаются в юбки, а женщины почти перестали их носить.



Интересно, что современные пиктограммы претерпевают эволюцию, аналогичную знакам древней письменности, только теперь она происходит значительно быстрее. Один из примеров – пиктограммы, используемые электроникой. Вна-

чала, 50 лет назад, они представляли собой обычные рисунки, изображающие предметы. Позже в подобных схемах стали изображать детали, наиболее типичные для данного класса. В современной электронной схеме используются символы, передающие лишь отдельные признаки деталей, которые, как и в египетских иероглифах, являются «абстрагированной карикатурой» объекта.

Таким образом, внешнее сходство в известной степени оказалось утраченным. Задача современной электронной пиктограммы рассказать не о внешнем виде созданного прибора или его внутренней структуре, а о функции каждой детали и узла. Вот что собой представляет инженерный иероглифический язык современности.

Портняжка из Берлина

Под Берлином 25 пляжей. Самый старый раскинулся по песчаным берегам озера Мюггельзее. В начале июля 1912 года предприимчивый берлинский портняжка поставил на его берегу палатку, в которой оборудовал кабины для переодевания. Вместо того чтобы в поте лица работать иглой, он требовал дань по 10 пфеннигов с изнывающих от жары горожан.

Лето выдалось на редкость жарким, и у палатки постоянно толпился народ. В те годы в Германии еще не было принято так просто на людях входить в воду. Чопорные граждане были возмущены и протестовали, но жара работала против них. Так 60 лет назад появились в Германии первые общественные купальни.

Пуританские нравы бытовали во всех странах, исповедовавших христианство. Не только совместное купанье мужчин и женщин – преследовались значительно меньшие прегрешения. В США, в штате Миннесота, до сих пор существует закон, в силу которого за развешивание дамского и мужского белья на одной веревке полагается штраф.

Бороться с укоренившимися предрассудками нелегко. В Австралии купаться начали значительно позже, чем в Европе. Пятый континент, как известно, расположен в тропической зоне. Ленивые океанские волны почти на всем протяже-

нии береговой линии ласкают кварцевые, коралловые и иные прибрежные пески. Когда в нашем северном полушарии начинают дуть холодные ветры и однообразные серые тучи равнодушно сеют бесконечные дожди, в Австралию приходит жаркое, засушливое лето. Еще какие-то 30–40 лет назад побережья в эту пору оставались пустыми, будто все население континента страдало водобоязнью. Только с наступлением темноты, крадучись и озираясь по сторонам, жители спускались к морю.

Изнывать бы австралийцам от жары и по сей день, если бы среди них наконец не нашлось человека, осмелившегося пренебречь местными правилами приличия и выкупаться, спустившись, не таясь, к морю по роскошному песчаному пляжу. Сейчас этого человека считают национальным героем Австралии.

Иногда удивительно легко стать героем. Думаю, что лет через 20–30 интернациональным героем нашей планеты назовут человека, первым осмелившегося сказать, что создание искусственного интеллекта вещь принципиально возможная. Трудно назвать другой научный вопрос, который в предшествующие годы был способен вызвать столь широкую и бурную дискуссию. Физиологи, психологи и философы, врачи и инженеры всех специальностей, химики и физики, учителя и библиотекари, общественные деятели и служители культа спешили высказать свое бескомпромиссное мнение.

Обязанность историков отыскать смельчака и установить дату подвига. Бедняге было несладко, его окружало слишком много противников. С пеной у рта с трибуны и в печати давали они искусственному интеллекту решительный вывод, доказывая, что ни сейчас, ни потом и никогда этого быть не может, потому что этого не может быть никогда. Неважно, кто обрушивался на искусственный интеллект – психолог, философ или работник культа, выходило, что человеческий разум – дар божий, а следовательно, в неодушевленное сооружение из пластмассы, стекла и металла вложен быть не может.

Когда подобные заявления делали ученые достаточно узких специальностей, несмотря на горькую обиду за неверие в науку, можно было еще терпеть. Но слышать их от философов, казалось бы, твердо стоящих на диалектико-материалистических позициях, было поистине удивительно. Ведь если признать, что существует подарок, нужно признать и существование дарителя. А это, простите, уже достаточно далеко от подлинной науки.

Мне еще не приходилось встречать серьезного ученого, который бы обещал создание машин, наделенных разумом, в ближайшее обозримое будущее. Зато высказываний в пользу принципиальной возможности существования таких машин становится с каждым днем все больше. На пляжи психофизиологической науки все чаще выходят сторонники думающих машин. Нет сомнений, что человечество в конце концов

придет к их созданию.

Искусственный интеллект будет мучим теми же проблемами, что одолевают нас. Специалисты считают, и не без основания, что разумные машины будут столь же упрямы в своих убеждениях о сущности интеллекта, разумности, свободы воли и тому подобных вещей. Нехотя будут соглашаться с тем, что являются всего лишь машинами. И тем более никогда не поверят, что крохотный сгусток протоплазмы, идя путем случайных, ничем не направленных изменений (мы называем их мутациями) и естественного отбора, оказался в конце концов существом, наделенным незаурядным интеллектом, творцом компьютеров экстракласса.

Какая же у нас получится машина? Хоть ее создание дело весьма отдаленного будущего, кое-что можно предвидеть уже сейчас. Современные электронные вычислительные машины по принципу своего устройства делятся на аналоговые и цифровые.

Аналоговые машины непосредственно оперируют с входными данными. Они как бы чертят на графике функцию в соответствии с изменением влияющих на нее величин. Поэтому для ее работы не требуется предварительная формализация поступающей информации, что создает значительную экономию времени. Аналоговые машины работают быстро, но не в состоянии обеспечить высокую точность расчетов, хотя и значительных ошибок тоже не делают.

Цифровые машины в процессе работы совершают боль-

шое количество последовательных операций. Приступить к следующему ходу машина может, только выполнив предыдущий. Поэтому работа движется медленно, зато точность результата может быть феноменально велика. Правда, уж если что-то разладилось, ошибка будет грандиозной. Между обоими типами машин нет непреодолимой разницы. Различие скорее в правилах работы, чем в особенностях конструкции, поэтому в цифровую машину можно ввести такую программу, чтобы она работала как аналоговая.

Нервная система животных от самых примитивных до человекообразных обезьян функционирует как типичная аналоговая машина. Животные не используют формального языка. Только когда у наших предков появилась речь, это гениальное изобретение дало возможность их мозгу работать как цифровая машина, выполняя цепи логических операций. Привело ли это к серьезному изменению самого мозга? Нет, прошло слишком мало времени, какие-то 40–50 тысяч лет. Кроме того, подобной необходимости не возникало, произошла лишь перестройка работы мозга на новый лад.

Эволюция мозга идет очень медленно, а поток знаний растет в первую очередь за счет расширения представлений о явлениях, недоступных нашим органам чувств, таких, как магнетизм, электричество, радиация, атомная физика. Особенно быстро увеличивается объем знаний, противоречащих нашей привычной логике и обыденным житейским представлениям. Мы привыкли жить в нашем трехмерном

мире, а он, оказывается, может быть четырех-пятимерным. Нам привычна постоянная скорость течения времени, а физика преподносит теорию относительности. Мы узнаем, что вопреки логике элементарная частица может одновременно быть и волной.

Ученых давно волнует вопрос, не приближаемся ли мы к тому моменту, когда в устройстве окружающего нас мира будут вскрыты и познаны столь сложные явления, а объем знаний возрастет настолько, что мозг окажется не в состоянии ни усвоить их, ни продолжить изучение. Мне думается, опасения, что сложность мира превысит познавательные возможности мозга, напрасны. Колоссальный прогресс науки, который мы наблюдаем в последние 50–100 лет, оказался возможным не за счет улучшения организации нашего мозга, а благодаря совершенствованию символизации, то есть развития нашего языка, таких важнейших его ответвлений, как язык математической логики.

Любопытно заглянуть в процессы мыслительной деятельности нашего мозга, на используемый им «язык». Подавляющее большинство людей думает словами (некоторые люди используют не звуковые, а зрительные образы, чаще в виде напечатанных типографским шрифтом слов), хотя для определенных видов творческой деятельности это не обязательно. Два известных французских ученых, психолог и философ Т. Рибо и математик Ж. Адамар, опросили наиболее крупных математиков о характере интимных механизмов их

творчества. Из них лишь Г. Пойд во время работы мыслил словами. Также редко используются специальные математические знаки. Исключением являлся выдающийся американский математик Д. Биркгоф. Создатель кибернетики Н. Винер лишь иногда использовал знаки и слова.

Подавляющее число математиков мыслит зрительными, реже двигательными образами. Ж. Адамар перекодирует задачу в систему точек и пятен неопределенной формы, а затем оперирует этими символами, расстояниями между ними, свободными пространствами. Только на заключительном этапе проверки и завершения исследования начинают использоваться алгебраические знаки. И лишь когда наступает период подготовки математического открытия к опубликованию, начинается перекодирование зрительных образов в слова.

Аналогичным механизмом мышления обладал Эйнштейн. Он пишет, что психическими элементами его мышления являются «...более или менее ясные знаки или образы, которые могут быть „по желанию“ воспроизведены и скомбинированы... Элементы, о которых я только что говорил, у меня бывают обычно визуального или изредка двигательного (мускульного) типа».

Безусловно, используемые в процессе творчества зрительные образы имеют скорее символическую, чем изобразительную связь с рассматриваемыми математическими идеями. Зрительными образами пользуются и композиторы:

некоторые из них свои произведения первоначально видят в зрительной форме.

Особенности психических процессов, подмеченные математиками путем самонаблюдения, давно описаны в психологической литературе. Известный лингвист Р. Якобсон считает, что в отличие от собственно речи (речи словесной) внутренняя речь, особенно когда она творческая, охотно использует другие системы знаков, более гибкие и менее стандартизованные, оставляющие мыслям больше свободы и подвижности. Среди этих знаков могут быть и общепринятые и индивидуальные, постоянные для данного субъекта либо выдумываемые применительно к определенной, конкретной задаче, участвующие лишь в одном созидательном акте.

Многие психологи придают очень большое значение вспомогательным знакам, используемым при мышлении. Они считают весьма целесообразным с раннего возраста тренироваться по перекодировке речи в более емкие и гибкие символы. Не исключено, что обучение символам, используемым наиболее выдающимися учеными, значительно упростит процесс усвоения знания. Возникнут новые специальные языки. Благодаря им появится возможность строить новые алгоритмы обработки информации, и таким образом старенький миниатюрный компьютер, который мы носим под головным убором, подкрепленный мощной электронно-вычислительной техникой, сможет без перебоев и перегрева служить нашим потомкам еще на протяжении 30–50

тысяч лет.

Потерянный процесс



Все течет

Наш мир имеет некоторую тенденцию к постоянству. Может быть, просто проявляется сила привычки. Не знаю. Противоположная тенденция тоже сильна. Недаром, перефразируя Аристотеля, мы говорим, «все течет и все изменяется», и это, несомненно, тоже хорошо. Сошлюсь хотя бы на И. Эренбурга, который считает, что «есть мудрый смысл в непостоянстве».

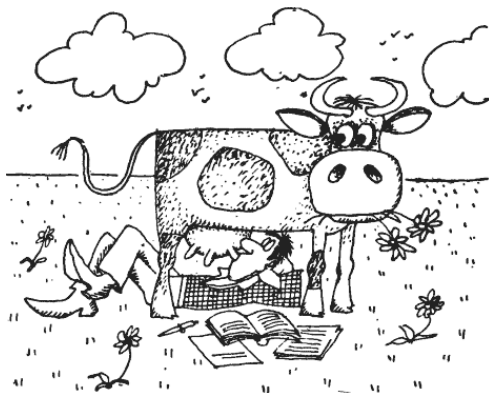
Аристотель писал, что нельзя дважды войти в одну и ту же реку. Расположение молекул воды будет все время меняться даже в стакане остывающего чая. Непостоянство, непрерывные изменения в деятельности его нейронов, характернейшее свойство мозга. Можно найти людей с одинаковым числом волос на голове, но трудно представить, чтобы в течение человеческой жизни хотя бы дважды было точно

воспроизведено одно и то же состояние всех 10–16 миллионов нервных клеток полушарий головного мозга, одинаковый узор возбужденных и заторможенных нейронов.

Состояние нервных клеток меняется не как попало. Изменения вызываются вполне определенными причинами, развиваются системно, то есть внутри определенных систем мозга и по вполне определенным законам. Некоторые из них были открыты более 50 лет назад в стенах лабораторий И.П. Павлова.

Н.И. Красногорский, прежде чем увлекся развитием речи и подслушал у какого-то двухлетнего пацана загадочные слова «моляко» и «моколо», что послужило ему основанием для далеко идущих выводов о физиологических механизмах речи, работал в лаборатории И.П. Павлова. Видимо, и раньше ученые замечали, что маленькие дети часто путают порядок слогов и по-всякому коверкают слова, но не придавали этому большого значения.

У Красногорского был пунктик: молоко и молочные продукты. Он всячески их рекламировал, пропагандировал и сам подавал здоровый пример молокоедения. Иными словами, у него была молочная доминанта, особый очаг стойкого возбуждения в коре головного мозга. Забавные слова, непринужденно брошенные малышом, переполнили чашу. Возбуждение разлилось по коре, захватив обширные районы мозга, и вызвало плодотворную работу мысли. Именно так объяснял ход событий сам Красногорский.



Движение нервных процессов, их иррадиацию из пункта возникновения и последующую концентрацию к исходному очагу, впервые в отчетливой форме наблюдал Красногорский. Он ставил обычный опыт. Вдоль задней ноги собаки были прикреплены пять касалок – приборчиков, которые ритмически надавливали на кожу. Самая нижняя касалка крепилась почти на стопе, остальные выше. Действие верхних четырех приборчиков всегда подкреплялось пищей, нижнего – никогда. Очень скоро собака усвоила задачу. При действии любой из верхних касалок у нее текли слюнки. Нижняя касалка пищевой реакции не вызывала. Опыты шли однообразно. Касалки, как и полагалось, включались редко. Экспериментатор подсчитывал число падающих капель слюны. Результаты не вносили разнообразия. Касалки давали

почти одинаковый эффект.

Все изменилось, когда исследователь приступил к основной части эксперимента. Однажды он три раза подряд испытал действие самой нижней касалки, а затем сразу же опробовал верхние. Почему-то вторая касалка тоже не вызывала слюноотделения. На действие третьей выделилось несколько капелек, на четвертую рефлекс был нормальным, а на пятую даже значительно возрос. Красногорский всячески разнообразил свои эксперименты, долгие часы просиживая в лаборатории. Что же означали постоянные колебания величины рефлексов, таких стабильных в начале исследования?

В средней части больших полушарий собаки находится корковый отдел кожного анализатора. Здесь от кончика носа до кончика хвоста представлена вся кожа собаки. Именно сюда, к соответствующим отделам анализатора, поступает информация при действии касалок.

Первая вызывала в своем участке анализатора торможение. Когда экспериментатор применил ее несколько раз подряд, торможения в исходном пункте накопилось так много, что оно распространилось, иррадиировало на соседние отделы. Поэтому ближайшие касалки условного рефлекса не вызвали. Чем значительнее было торможение в исходном пункте, тем на большие районы оно растекалось и сильнее подавляло возбуждение. Красногорский не смог проследить, как совершалась иррадиация. Она протекала очень быстро. Зато детально изучил, как, освобождая захваченные районы, тор-

можение постепенно концентрировалось к исходному пункту.

Ход иррадиации удалось изучить другому сотруднику И.П. Павлова, Б.А. Когану. Проведя сходные эксперименты, он обратил внимание на то, что скорость иррадиации для разных собак весьма различна. У одних она продолжалась всего 20 секунд, а концентрация заканчивалась через 75. У других на иррадиацию уходило 4–5 минут, а на концентрацию – 15–20.

Возбуждение точно так же, как тормозной процесс, способно широко распространяться по коре больших полушарий и затем концентрироваться к исходному пункту. Только в отличие от тормозного процесса иррадиация возбуждения идет гораздо быстрее. Впервые ее наблюдала М.К. Петрова.

И.П. Павлов не был женоненавистником в полном смысле этого слова, но женщин в свою лабораторию не допускал. Он говорил, что намучился с Е.О. Шумовой-Симановской, в ранние годы работавшей в его лаборатории, и больше дела с женщинами иметь не желал. Известен эпизод с доктором Г.Х. Лепером, которого Павлов чуть не выгнал из лаборатории только за то, что его на несколько минут оторвала от опыта жена. Время, однако, вносило свои коррективы. Совершенно неожиданно для своих учеников Павлов в 1910 году почти одновременно принял в лабораторию шесть женщин-врачей, и, надо сказать, жалеть об этом ему не пришлось. Одна из них – М.К. Петрова, стала впоследствии ве-

душим сотрудником павловской школы.

Эксперименты Петровой очень похожи на опыты Красногорского. Те же пять касалок, укрепленных на задней лапе собаки. Только пищей сопровождалось действие нижней касалки, а верхних – никогда. В обычных условиях рефлексывы проявлялись четко. Нижняя касалка вызывала слюноотделение, четыре верхние – нет. Однако, если верхние касалки пробовали сразу же после действия нижней, слюнки начинали течь. Это означало, что из коркового участка, соответствующего нижней касалке, возбуждение распространилось на соседние пункты.

В лабораториях И.П. Павлова, кроме иррадиации и концентрации нервных процессов, обнаружили еще одно интересное явление – их взаимную индукцию. Действие иррадиировавшего торможения не исчерпывалось его растеканием на соседние участки. За его пределами возникала зона повышенного возбуждения. Захватывая окружающие районы, торможение как бы оттесняло возбуждение из зоны своего влияния.

Точно так же разлившееся возбуждение создавало вокруг себя тормозной барьер. Это проявилось уже в опытах Красногорского. Помните, в первой же пробе самая верхняя касалка вызвала повышенный эффект. Однако на это не обратили внимания. Только в 1922 году после экспериментов Д.С. Фурсикова Павлов в своем докладе на Съезде северных физиологов в Гельсингфорсе назвал индукцию как равно-

правное явление в числе других шести (возбуждение, торможение, их движение, взаимная индукция, замыкание и размыкание, анализ), обнимающих всю высшую нервную деятельность животного «без остатка».

Движение нервных процессов в павловских лабораториях изучалось особенно тщательно. Исследования показали, что кора больших полушарий головного мозга, по дословному выражению Павлова, представляет собой постоянно и очень быстро меняющуюся «мозаику» заторможенных и возбужденных пунктов и всех возможных переходов между этими состояниями. Если бы человеку удалось это увидеть, бодрствующий мозг предстал бы перед нашим взором бушующим океаном, где крутые валы в бешеной пляске взмывают ввысь, стремительно накатываются на берега и, разбившись о прибрежные утесы, отступают, на мгновение обнажая дно, чтобы в следующий миг ринуться обратно.

Иррадиация, концентрация и взаимная индукция нервных процессов изучались в десятках исследований. Эти явления привлекали своей простотой, четкостью, повторимостью, а главное – тем, что позволяли точно предсказывать поведение животного. Экспериментатор мог рассчитать величину условного рефлекса, вызванного любым условным раздражителем и для любого отрезка времени с точностью до $1/4$ части капли слюны.

Эти исследования, несомненно, открывали новую, важнейшую главу в высшей нервной деятельности. В первую

очередь потому, что позволяли перейти от исследования одиночных условных рефлексов к анализу их взаимодействия, то есть понять целостное поведение животных. Знание законов работы мозга должно было помочь педагогам организовать обучение наиболее рациональным способом, что особенно необходимо для больных детей с замедленным психическим развитием. Я не преувеличиваю практического значения успехов в изучении мозга. Педагоги строят обучение чисто эмпирически, и практика частенько преподносит сюрпризы.

В подтверждение приведу результаты исследования, проведенного блестящим экспериментатором А.И. Бронштейном. Он вырабатывал у очень маленьких детей простые условные рефлексы, которые даже у какого-нибудь караса или курицы легко образуются после 10–15 сочетаний. К удивлению экспериментатора, у детей они не образовались, несмотря на десятки и сотни сочетаний. Как впоследствии удалось выяснить, причина неудачи объяснялась тем, что паузы между сочетаниями были слишком малы. Каждый раздражитель действовал в момент максимального развития последовательного индукционного торможения, вызванного действием предыдущего раздражителя. Таким образом, раздражители все время попадали на заторможенную кору, не могли преодолеть тормозной процесс, и рефлекс не образовывался.

Изучение движения нервных процессов целиком заслуга

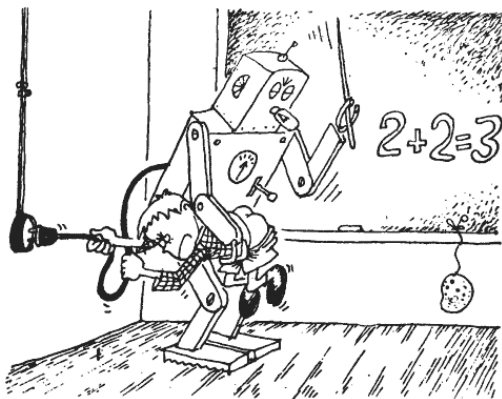
отечественных физиологов. Огромное значение сделанных открытий было высоко оценено в лабораториях И.П. Павлова. Мало кто из блестящей когорты учеников великого ученого устоял против искушения принять участие в его разработке. В 20–30-е годы поток статей на эту тему заполнял страницы биологических журналов и специальных сборников.

Однако сейчас на Западе подобных исследований не встретишь. Факты, проверенные в десятках экспериментов, легших в основу ряда главнейших законов высшей нервной деятельности, не пользуются в наши дни всеобщим признанием. Сомнение в реальности движения нервных процессов внес Лукс. Как истый американец, он проводил свои исследования экспресс-методом и, видимо, в спешке не обнаружил иррадиации. За ним еще и еще. Не так уж много, но за рубежом им поверили. До сих пор с русскими работами большинство исследователей незнакомо.

Масла в огонь подлило изучение ретикулярной формации, которым не так давно многие увлекались. Образование это находится в стволовой части мозга, как бы являясь стержнем всей нервной системы, и связано со всеми отделами больших полушарий. На заре изучения ретикулярной формации ей приписывали очень обширные функции. Некоторые ученые даже считали ее самым высшим отделом мозга, творцом интеллекта. Основанием послужили случаи потери сознания, возникающие при нарушениях в работе ре-

тикулярной формации.

Теперь ясно, что главная функция ретикулярной формации – активирование мозга. Она может приводить в активное состояние разом весь мозг или только отдельные его участки, которым в данный момент предстоит выполнять наиболее ответственные задачи. Здесь, очевидно, энергетический центр мозга, а отнюдь не средоточие его главных интеллектуальных функций. Отношение ретикулярной формации к сознанию примерно такое же, как электростанции, снабжающей энергией электронную вычислительную машину, к сложным счетным операциям. «Интеллект» машины нетрудно уничтожить, стоит лишь на миг отключить ее от питания, но о чем это будет свидетельствовать?



Способность избирательно активировать любой участок

кору привело исследователей к мысли, что вовсе не нервные процессы распространяются по коре, расплываясь широкими пятнами и вновь подсыхая, как от жаркого солнца, а ретикулярная формация, последовательно изменяя возбудимость соседних корковых участков, имитирует движение тормозного или возбуждательного процесса. Мысль хотя и неожиданная, но вполне допустимая. Так просто отвергнуть ее нельзя.

Необходимы были специальные эксперименты. Их провел А.Б. Коган. Он разработал ювелирную операцию – подрезку коры, то есть отделял тончайший слой мозгового вещества всего 2–3 миллиметра толщиной от остального мозга. Позже мозговое вещество срасталось, но кора в функциональном отношении надежно отчленилась рубцовой тканью от нижних отделов мозга. Изучение функции подрезанного участка коры показало, что иррадиация нервных процессов происходит и здесь, но возникает позже, чем в нормальной коре, и протекает менее активно. Значит, участие ретикулярной формации необходимо, но не является главным.

При образовании условного рефлекса происходит многократная встреча двух пятен иррадиирующего возбуждения, в результате чего возбуждательный процесс, как весенний веселый ручеек в талом снегу, прокладывает себе в мозгу удобную дорожку и теперь без помех, не растекаясь на соседние участки, бежит по проторенному руслу из коркового пункта условного раздражителя в корковое представительство без-

условного рефлекса. Всякий раз в момент действия условного стимула по вновь образованному руслу проносится поток возбуждения. Остается найти его, и можно изучать движение возбудительного процесса.

Поискам русла посвящено немало исследований. Особенно систематически они велись в Ростове-на-Дону. Опыт был задуман остроумно. Вместо обычных звонков, вспыхиваний электрических лампочек, касалок, непосредственно раздражали определенный участок мозга слабыми ударами электрического тока. Выбор столь «экзотического» способа образования условного рефлекса не был случайным. Поиски русла – дело сложное. Оно значительно упрощается, если известно устье ручья или его исток.

Когда условный рефлекс вырабатывается на свет или звонок, ученый никогда точно не знает, где находятся те нейроны, что, опознав условный раздражитель, выплескивают в русло временной связи поток возбуждения. Применяя электрическое раздражение мозга, можно быть уверенным, что команды подаются клетки в зоне действия электрического тока, а следовательно, ручеек возбуждения должен вытекать, так сказать, из-под электродов.

Опыты ставились на предварительно оперированных животных. У одних делалась уже описанная выше подрезка коры. Условный рефлекс мог бы образоваться у них только в том случае, если ручеек возбуждения тек, как это и предполагал Павлов, по поверхности коры.

У других животных производили кольцеобразный надрез коры вокруг вживленных электродов. Рассекалось только серое вещество коры. Рубцевая ткань на месте разреза поднималась надежной плотиной на пути ручейка временной связи. После этой операции образование условного рефлекса могло происходить только в том случае, если ручеек возбуждения способен течь в глубь мозга и окольными путями через белое вещество прокладывать себе путь к исполнительным отделам.

Когда животные оправились после операции, выяснилось, что условный рефлекс у них сохранился; значит, ручеек способен течь как по поверхности коры, так и в глубь мозга. Сохранность не была абсолютной. В обоих случаях рефлекс пострадал, особенно значительно при кольцевой обрезке коры. Следовательно, путь по коре более естествен и важен для движения нервных процессов.

Остроумные эксперименты ростовчан подтвердили способность возбуждения двигаться по коре, так что поговорка «все течет», казалось бы, подходит к мозгу в буквальном смысле. Однако на физиологическую науку уже надвигались новые веяния, требовавшие пересмотра представлений по кардинальным вопросам деятельности мозга. У истории о подвижности нервных процессов оказалось продолжение.

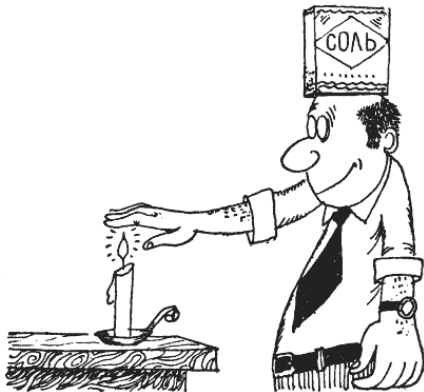
Проклятый вопрос

Зимой 1943 года, в самый разгар Великой Отечественной войны, из блокадного Ленинграда в Москву по ледовой «Дороге жизни», проложенной по льду Ладожского озера, вывезли вагон французского коллекционного вина «Сент-Эмильон» производства 1891 года. В летописях героических деяний военных лет вряд ли упоминается событие, казавшееся в то время малопримечательным. Только теперь, из нашего далека, можно оценить его по достоинству. Люди города-героя, замерзая в разрушенных нетопленных домах, умирая голодной смертью, не вскрыли печатей винных погребов, где хранились редкие коллекционные вина, не воспользовались крохами сахаров и виноградного спирта, содержащихся в бутылках.

Вино оберегалось, как и другие музейные ценности, которые вовремя не успели эвакуировать на Большую землю. Никто от шоферов, перевозивших вино, до высокого начальства не изъял ни одной бутылки не только корысти ради, но просто из обыденного человеческого любопытства, чтобы узнать, чем славно вино того далекого 1891 года. А ведь по тем суровым военным условиям списать любую недостачу, отнеся ее за счет рвущихся в городе тяжелых снарядов, ухабистой дороги, морозов, воронок во льду Ладожского озера, было бы совсем нетрудно.

Увы, дегустацию устроили в Москве. Вина в бутылках не оказалось, знатоки пригубили уксус. Натуральное вино, хотя и достигает своего истинного расцвета в старости, смертно, и век его относительно недолог. Так и со многими научными открытиями. Не успев расцвести, некоторые засыхают прямо на корню или, пережив эпоху бурного развития, неожиданно сходят со сцены. В настоящее время переживает кризис складывавшееся годами представление об одном из фундаментальнейших явлений в физиологии мозга – о тормозном процессе.

Более ста лет назад создатель отечественной физиологии И.М. Сеченов, экспериментируя на лягушках, сделал интересное наблюдение. Когда он накладывал на обнаженную поверхность мозга кристаллик каменной соли, лягушка менее торопливо вытаскивала свою лапку из слабого раствора кислоты. Сеченов объяснил это явление тем, что в нервной системе, кроме возбуждения, существует нечто противоположное ему – процесс торможения.



Выдергивание лапки из кислоты – рефлекс спинного мозга. Участия головного мозга не требуется. В этом нетрудно убедиться, следует просто отрезать лягушке голову и опустить ее лапки в 0,5-процентную соляную кислоту. Не пройдет и минуты, как обезглавленное тело обнаружит признаки жизни и вытащит лапы из стакана с раствором кислоты. Следовательно, извлечь лапки из кислоты лягушка прекрасно может без участия головного мозга, но, ежели ему прищипит, он в состоянии отсрочить осуществление рефлекса, замедлить его, в общем, затормозить, как принято теперь говорить.

Основоположник физиологии в России – И.М. Сеченов открыл явление. Другой выдающийся физиолог, Н.Е. Введенский, внес крупнейший вклад в изучение природы торможения. Идея торможения была безоговорочно принята ми-

ровой наукой. Вполне естественно, что третий крупнейший физиолог планеты, И.П. Павлов, взял идею торможения на вооружение условнорефлекторной теории работы головного мозга. Вполне логичная преемственность. Создание учения о торможении – крупнейший вклад отечественной физиологии в мировую науку.

Торможение, несомненно, центральное явление в работе мозга. Представление о торможении – основа, стержень всего учения о высшей нервной деятельности. Его изучают в школах, в биологических вузах. Студентам на экзаменах безжалостно ставят двойки за сравнительно небольшие неточности, а над древом торможения уже занесен топор. Не знаю, будет оно выкорчевано или срублено под корень. Могу утверждать лишь, что программы преподавания физиологии придется менять.

Наскоки на торможение начались давно. Под сомнением оказалось представление Павлова о локализации тормозного процесса. Ученый предполагал, что, когда мы, угашая условный рефлекс на звонок, перестаем подкреплять его пищей, торможение первоначально возникает в нервных клетках, воспринимающих звук звонка. Теперь вместо обычного возбуждения звонок якобы начинает вызывать их торможение. С каждым разом оно становится сильнее (а величина рефлекса соответственно падает), пока нейроны под действием звонка не окажутся полностью заторможенными и условный рефлекс перестанет осуществляться.

Против этого представления и восстало несколько физиологов. Ему противоречили факты о том, что и до и после угашения условного рефлекса первично чувствующие клетки мозга реагируют на условный раздражитель стандартным возбуждением. Как бы глубоко ни был угашен условный рефлекс на звонок, и собака и человек будут его отчетливо слышать. От павловского представления пришлось отказаться. По таким же соображениям нельзя считать, что угашение условного рефлекса объясняется возникновением торможения в исполнительном центре условного рефлекса. Условились, что оно возникает где-то посредине, в дуге условного рефлекса.

Подобные наскоки, устраняя отдельные неточности из созданного И.П. Павловым учения, не только не вносили сомнения в реальность самого торможения, а напротив – придавали представлению о тормозном процессе черты особой достоверности. Мелкие выпады против существующих представлений не были еще революцией.

Топор был поднят одним из учеников И.П. Павлова, академиком П.К. Анохиным. У него одна из лучших нейрофизиологических лабораторий мира. С тех пор как в руки физиологов попали осциллографы, позволяющие увидеть и зарегистрировать электрические реакции мозга, исследователи тщетно вели поиски. Импульсов торможения никто из исследователей не обнаружил. Возник вопрос: имеет ли торможение собственное внутриклеточное лицо? Есть ли, кроме

внутриклеточного процесса возбуждения, еще и внутриклеточный процесс торможения?

Революция не дворцовый переворот. Ее свершению должны предшествовать определенные исторические изменения, должна созреть революционная обстановка. А как обстоит дело в физиологии высшей нервной деятельности? С чем столкнулось учение Павлова: с путчем или подлинной революцией?

Заглянем в труды самого Павлова. Внимательно прочитав его «Лекции о работе больших полушарий головного мозга» и два тома статей, объединенных общим заглавием «Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных», мы увидим, что возбуждение и торможение рассматривались Павловым как два главных элемента поведения животных, а следовательно, и деятельности мозга.

Существовавший в те годы уровень развития науки еще не позволял проникнуть в физико-химическую основу жизненных явлений. Имея дело лишь с ответной реакцией организма, исследователи могли высказывать только догадки о мозговых механизмах, ее организующих. Изучение поведения, несомненно, позволяет анализировать работу мозга, но только ее конечный результат, и ничего не говорит о конкретной форме деятельности составляющих его нейронов.

Таким образом, все учение о соотношении возбуждения и торможения, «проклятый вопрос», как называл его Пав-

лов, есть предположение, основанное на кажущемся логичным допущении, что за любой внешней деятельностью стоит возбуждение соответствующих нейронов, а прекращение реакции объясняется их торможением. И.П. Павлов был глубоко убежден, что соответствие между внешним и внутренним действительно есть. Естественно, упоминая торможение и возбуждение, он каждый раз не оговаривал, что это всего лишь гипотезы.

После смерти Павлова некоторые его ученики и последователи забыли, что речь шла лишь о предположениях. Понятия о внешнем проявлении поведения превратились в термины мозговой деятельности. Многие предположения И.П. Павлова приобрели значение аксиом, хотя никогда не были подтверждены экспериментально. Как справедливо замечает крупнейший нейрофизиолог Р. Гейз: «Биологическая наука страдает от догм сильнее, чем религия. Достаточно какому-нибудь биологическому явлению обратить на себя внимание, как оно переходит в разряд биологических догм».

В настоящее время существует ряд предположений о механизмах торможения условных рефлексов. Самой крайней и в то же время самой обоснованной точкой зрения является представление о том, что существует внешний тормозной эффект – прекращение какой-нибудь деятельности, но нет торможения как особого нервного процесса, противоположного возбуждению.

Предполагается, что тормозные эффекты возникают в ре-

зультате столкновения двух возбуждений. Борьба не дает им выполнить свою непосредственную задачу, как ссора на коммунальной кухне мешает соседкам сосредоточиться на приготовлении обеда. Встреча двух возбуждений – это столкновение встречных поездов, приводящее к их остановке.

Если это предположение верно, придется отказаться от многих представлений учения о высшей нервной деятельности. В первую очередь о подвижности тормозного процесса. Раз торможения как такового не существует, значит, нечему и передвигаться! Таким образом, назрела необходимость пересмотра огромного куска теории высшей нервной деятельности, еще до недавнего времени казавшейся безукоризненной. Если читателю показалось, что стройное дерево павловской теории условных рефлексов рубят под корень, чтобы освободить от него физиологическую рощу, это, конечно, неверно. Ствол дерева ляжет в фундамент учения о мозге, но для этого его придется хорошенько пообтесать. Только тогда из него получится хорошая балка.

Двойняшки



Пять парадоксов

Уравновешенное, гармоничное соотношение пропорций, попросту говоря, симметрия в нашем представлении тесно связана с понятием красоты и совершенства. Это отнюдь не мнение дилетантов. Оно подкреплено бесчисленными свидетельствами авторитетов и в их числе такого знатока красоты, как древнегреческий ваятель Поликлет, созданиями которого человечество восхищается уже не одну тысячу лет.

Не случайно христиане, изображая бога как символ вечной истины и справедливости, чтобы подчеркнуть божественное совершенство всевышнего, рисуют его обязательно анфас, то есть в симметричном виде. По той же причине тяжеловесные культовые пирамиды майя, изящные греческие храмы, христианские соборы и базилики – словом, все места богослужения, а также административные здания обыч-

но обладают зеркальной симметрией.

Если для доказательства того, что симметрия является символом совершенства, перечисленные примеры оказались недостаточно убедительными, можно сослаться на квантовую физику или математическую статистику. Нас интересует другое. Почему человек – венец творения природы на нашей планете – имеет лишь двойную симметрию, тогда как наиболее примитивные ее создания – сферические и обладают полной поворотной симметрией?

По свидетельству Платона, наиболее убедительный ответ на этот вопрос был дан древнегреческим философом Аристофаном на пиру у Агафона. Оказывается, когда-то люди были круглы и очень самодовольны от сознания своего совершенства. Чтобы смирить гордыню и лишить могущества, Зевс рассек чудо-человечков пополам, а Аполлону велел их лица повернуть назад, чтобы, смотря на разрез, человек был скромнее, и потом все это залечить.

Аполлон стянул со всех сторон кожу в то место, которое ныне называется животом, а отверстие на середине завязал, отчего образовался пупок. Приняв работу, Зевс напоследок пригрозил, что, ежели людишки и после того окажутся дерзкими и не захотят жить смиренно, он снова разрежет их надвое, чтобы ходили на одной ноге. Не правда ли, странно, что Зевс не выполнил своего обещания!



Отбросим в сторону вопрос о происхождении билатеральной симметрии. Раз она есть, раз существует симметрия конечностей и многих органов тела, вполне понятна необходимость симметрии мозга, управляющего этими органами.

Внешнее строение головного и спинного мозга убеждает в довольно строгой симметричности его частей, венцом которой является парность самых важных отделов мозга – его больших полушарий. Она кажется совершенно естественной, но скрывает ряд неожиданностей. Здесь нас ожидает пять парадоксов.

Во-первых, двигательные отделы правой половины мозга руководят работой мышц левой половины тела – и наоборот. Нервные волокна, несущие команды мышцам, выйдя из продолговатого мозга человека, совершают полный перекрест, переходя на противоположную часть спинного мозга.

В свою очередь, то же происходит и с нервными волокнами, несущими информацию от органов чувств (от глаз, ушей, вестибулярного аппарата, от рецепторов кожи и мышц). Вот вам второй парадокс. Только перекрест этот не полный. У человека перекрещивается примерно 50 процентов чувствительных волокон, то есть информацию от одного глаза в равной мере получают обе половины мозга. Конструктивные усовершенствования налицо. Двустороннее представительство органов кажется более надежным, хотя, с другой стороны, двойственность командования имеет неустранимые организационные трудности. Единоначалие лишено этих недостатков.

Подобное соотношение возникло в эволюции позвоночных недавно. На низших его ступенях, скажем у рыб, перекрест нервных волокон, несущих в мозг информацию, пол-

ный. Правый глаз посылает информацию только левой половине мозга, а левый соответственно – правой. Зато двигательные команды к мышцам приходят из обеих половин. Дальнейшее развитие пошло по пути: информацию в обе половины мозга, команды лишь из одной. Полная противоположность тому, что было заложено вначале. В чем смысл этого парадокса, сказать трудно.

Внутренние органы человека не имеют строгой симметрии. Сердце, желудок, кишечник, печень и селезенка есть в единственном числе. Казалось бы, центры для управления ими должны развиваться лишь в одной из половин мозга. Ничего подобного не обнаружено, и в этом еще один парадокс. Вот четыре парадокса симметричного строения мозга. С последним мы познакомимся в конце главы.

Чердак

В Париже у здания Пастеровского института воздвигнут памятник лягушке. Недавно на средства, собранные студентами-медиками, как дань признательности этому живучему, терпеливому существу, излюбленному объекту физиологических и фармакологических исследований второй памятник установили в Токио. За заслуги в изучении мозга следовало бы отметить собаку и кошку. Памятник собаке водружен в Ленинграде у здания лаборатории И.П. Павлова, а вот кошка, насколько мне известно, еще ждет своей очереди.

Ни у кого не вызывает сомнения, что мозг – важнейший орган тела человека и высших животных. Правда, удаление головного мозга не влечет за собой немедленную смерть. В нем нет таких отделов, без которых жизнь не могла бы теплиться. Все жизненно важные функции по управлению кровообращением и дыханием сосредоточены в продолговатом мозгу. Остальное можно удалить, ничем не компенсируя работу утраченных частей мозга. Но что это за жизнь!

Если у кошки удалить лишь кору больших полушарий, животное становится глубоким инвалидом. У меня в лаборатории жили несколько таких кошек. Оперированные животные могли ходить, хотя и не очень уверенно, слышали, но не понимали того, что слышат. Различали свет от темноты, ощущали тепло, холод, боль, но пользоваться всей этой

информацией были не в состоянии. Целый день они спали, пробуждаясь лишь для того, чтобы опорожнить мочевой пузырь и кишечник, или от голода и жажды. Сами есть они не могли. Найти пищу и понять, что это еда, даже если на нее и натыкались, кошки были не способны.

Кормить моих подопечных было одно мучение. Кошки не хотели открывать рот, а когда их пробовали кормить насильно, отчаянно кусались и царапались. Самым легким способом, хотя вряд ли он покажется достаточно гуманным, было сдавить кошке хвост. Животное приходило в ярость и пыталось кусаться, но я ничем не рисковал, так как она не способна догадаться, что обидчик сзади. Рассерженная бесполушарная кошка кусает пустое пространство перед собой. Гораздо опаснее моему лаборанту, который, воспользовавшись кошачьей яростью, пинцетом должен засовывать ей в рот кусочки сырого мяса. Когда они попадают на корень языка, кошка уже не может их выплюнуть. Мне нужно очень крепко держать ее за хвост; если она вырвется, вся нерастраченная ярость обрушится на лаборанта.

Бескорковая кошка останется инвалидом на всю жизнь. Ее ничему или почти ничему нельзя научить. Как известно, крупнейший английский нейрофизиолог Шеррингтон не принял условно-рефлекторную теорию как учение о высшей нервной деятельности. В 1912 году во время пребывания в Петербурге он посетил лабораторию И.П. Павлова и присутствовал на опыте. Полюбовавшись, как на звук звонка у

собаки начинала капать слюна, и, видимо, желая избежать дискуссии, сэр Чарлз попробовал отшутиться. «Это напоминает, – сказал он, – нашу молитву перед обедом, – очевидно, молитва имеет для нас такое же значение, как для собаки звонок». Бескорковые кошки не способны усваивать подобные «молитвы», тем более вырабатывать более сложные условные рефлексy.

Основная функция коры больших полушарий – накопление жизненного опыта, или, на языке физиологии, образования условных рефлексов. Наш чердак, кора больших полушарий, самая важная часть головного мозга. Здесь средоточие всех высших функций, наш человеческий интеллект.

Раздвоение личности

Анализаторы всю собранную ими информацию направляют в кору больших полушарий. Обе половины мозга информированы одинаково. А могут ли братья-двойники – полушария головного мозга – обмениваться информацией?

Ответить на этот вопрос нетрудно, нужно лишь добиться, чтобы информация поступала только в одну половину мозга. Для этого производят специальную операцию. Если кошке рассечь хиазму (место переплетения волокон зрительных нервов), имеющую вид буквы X, таким образом, чтобы получились знаки больше и меньше (> и <), каждый глаз сможет посылать информацию только в свою половину мозга. Затем животному накладывают на один глаз повязку и обучают находить корм в кормушке, над которой вешается какая-нибудь картинка, например квадрат. Когда животное запомнит рисунок и перестанет ошибаться, повязку переносят на другой глаз. Обычно кошка отлично выдерживает экзамен. Ее правый глаз узнает то, в чем умел разобраться левый. Способность «двойняшек» обмениваться информацией не вызывает сомнений.

Для подобных экспериментов природа создала готовые модели. У низших позвоночных зрительный нерв делает полный перекрест, поэтому каждый глаз посылает информацию только в противоположную половину мозга. Опыт по-

вторили на золотых карасях и убедились, что и их полушария обмениваются информацией. Увидев необученным глазом сигнал опасности, рыба так энергично и уверенно спасалась бегством, что не было никаких сомнений в уровне знаний специально не обучавшейся половины мозга.

С более сложными задачами справиться оказалось не так легко. Во второй серии опытов рыбка, увидев на белом фоне три горизонтальные зеленые полосы, должна была как можно скорее удрать в соседний отсек, открыв носом легкую дверку. Когда же на картинке оказывались красные пересекающиеся между собой полосы, ей следовало оставаться на месте, так как в этом случае дверь была заперта и об нее можно было сильно расквасить нос.

Когда золотые рыбки достаточно хорошо усвоили урок, им устроили экзамен. Вопросы были с подвохом. Их сначала задавали обученному глазу. Теперь экзаменатор показывал золотому карасю или три красные горизонтальные полосы, или зеленые пересекающиеся. Рыбе предстояло определить свое отношение к новым картинкам, решить, что важнее: форма или цвет. Караси выбирали форму. Вид горизонтальных полосок их пугал, несмотря на то, что они были окрашены в красный цвет. К зеленым перекрещенным полоскам рыбы остались равнодушны.

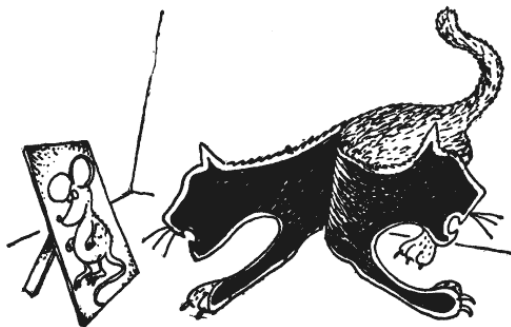
Затем экзаменационные билеты предъявляли необученному глазу. Ответ необученной половины мозга разительно отличался: караси реагировали на цвет. При виде зеленых

пересекающихся линий они опроретью бросались прочь, при показе горизонтальных красных – оставались на месте. Произошло настоящее раздвоение личности. Каждая из половин рыбьего мозга поступала по-своему.

Этим экспериментаторы не удовлетворились. Они решили создать конфликтную ситуацию, показав правому и левому глазу одну и ту же картинку – зеленые перекрещивающиеся полосы. Для обученной половины мозга картинка была приказом оставаться на месте, для необученной – сигналом опасности. Началась внутримозговая борьба. В конечном итоге верх взял «неуч»: нерешительно потоптавшись на месте, карась уплыл за перегородку. На другой день рыба тяжело заболела. «Ум за разум зашел», – довольно метко определили служители аквариума.

У высших животных обмен информацией между двойняшками идет очень легко. Оба полушария связывает между собой мозолистое тело – массивное образование, состоящее из волокон белого вещества, то есть десятков миллионов отростков нервных клеток, по которым, как по проводам, в обе стороны нескончаемым потоком льется каскад информации. Если кошке перерезать мозолистое тело, обмен информацией практически прекратится. Теперь правая половина мозга не будет знать, что видит левый глаз, а левая – что правый. У кошки может наступить такое же раздвоение личности, как у карася в сложной ситуации. Оперированную кошку нетрудно научить бежать к кормушке при показе картинки правому

глазу и в страхе вихрем взлетать на шкаф при предъявлении того же рисунка левому глазу.



Перерезка мозолистого тела прерывает у кошки главные пути коммуникаций, но начисто не уничтожает способность полушарий обмениваться информацией. Она может совершаться окольным путем через другие отделы мозга. Этот путь дает возможность передавать только очень простые сообщения. Если одно полушарие кошки обучать различать свет яркой и тусклой лампочек, она с грехом пополам поделится почерпнутыми сведениями с другим, но о передаче более сложных сведений не может быть и речи.

Все, что сказано о зрении, справедливо и для других органов чувств. Обезьяна, научившаяся после рассечения мозолистого тела левой рукой выбирать среди одинаковых по форме и цвету шаров самый тяжелый, не может сделать то

же правой. Она будет играть шарами, катать их, нюхать, пробовать на зуб, но прикинуть их вес ей и в голову не придет. Такое впечатление, что в ее черепной коробке помещаются мозги двух разных обезьян.

Логично было предположить, что при раздельном обучении почерпнутые сведения сначала прочно фиксируются в тренируемом полушарии, а затем на досуге в минуты отдыха, пользуясь временным перерывом в работе, поумневшее полушарие спешит подучить второе. Предположение не оправдалось. Если одно полушарие кошки с рассеченной хиазмой быстро обучить чему-нибудь, а затем сразу же положить ее на операционный стол и перерезать мозолистое тело, объем знаний второго полушария не пострадает.

Значит, оба полушария обучаются одновременно. Хотя до второго полушария раздражения не доходят, обучаемое полушарие пересказывает ему тотчас же все, что видит само. «Двойняшки» – дружные ребята! К таким же выводам пришел известный чешский физиолог Я. Буреш, применив метод распространяющейся депрессии. Если на поверхность мозга капнуть каплю хлористого калия (а это можно сделать, не вскрывая черепа, через заранее вживленную канюлю), происходит деполяризация клеточных мембран, распространяющаяся во все стороны со скоростью три миллиметра в секунду, как круги от брошенного на поверхность воды камня. Зная размер мозга, нетрудно рассчитать, сколько времени потребуется, чтобы волна депрессии охватила

все полушарие. Работа корковых нейронов прерывается на время от нескольких десятков минут до нескольких часов. Этот способ очень удобен для непродолжительного выключения деятельности мозговых полушарий.

Буреш вызывал у крыс депрессию одного полушария и обучал второе. Затем животному давали отдохнуть. На другой день, вызвав предварительно депрессию в обученном полушарии, устраивала экзамен необученному. За время отдыха у полушарий было достаточно времени, чтобы обменяться информацией и ликвидировать пробел в знаниях одной из половин мозга. Мозг крысы не использовал эту возможность. Обученное полушарие ни словом не обмолвилось с необученным, даже не намекнуло ему ни о чем.

Труженик и тунеядец

Если бросить беглый взгляд на фотографию больших полушарий человеческого мозга, может показаться, что перед вами карта какой-то неведомой планеты, поверхность которой изборождена горными хребтами и глубокими извилистыми долинами. Неожиданным и, пожалуй, странным может показаться лишь то, что западное и восточное полушария как две капли воды похожи друг на друга.

Первыми сделали попытку выяснить функциональное значение отдельных извилин мозга два французских ученых, Галль и Шпурцгейм, снискав себе этой работой недобрую славу. Горе-ученые решили, что мозг состоит из набора приборчиков, занятых организацией различных чувств и интеллектуальных способностей, таких, как остроумие, щедрость, стяжательство, речь, любовь к детям, сексуальные эмоции и влечения. В этих домыслах не было бы большой беды, преподносясь они в форме предположения. Френологи (так называли этих ученых) выдавали подобную чушь за абсолютную истину, к которой они пришли... ощупывая череп и находя на нем шишки мудрости, разврата и т.д.

Мозг человека не тот объект, на котором допустимо экспериментирование. Как нередко бывает, на выручку исследователям пришла неистощимая на выдумки природа. То, чего не умеет или не смеет сделать человек, она подчас со-

вершает играючи, ничуть не огорчаясь, если результат эксперимента окажется плачевным. В числе злых шуток природы самые обидные – болезни мозга. Хотя он помещен в надежный сейф – черепную коробку, полностью от повреждений она не защищает. Кроме того, немало заболеваний (опухоли, кровоизлияния, тромбоз мозговых сосудов) сопровождается механическим повреждением отдельных участков мозга.

Еще Гиппократ за четыре столетия до нашей эры знал об этих шалостях природы. От его пытливого взора не укрылось, что при обширных поражениях полушарий возникает паралич руки и ноги на противоположной стороне тела. Это до некоторой степени отвечало на вопрос, чем занимается мозг, но научные достижения древних тысячелетиями игнорировались. Их подтвердили только в эпоху Ренессанса.

М. Лакс, живший в XVII веке, прочел доклад в Монпелье о том, что потеря речи обычно сопровождается параличами правых конечностей, а следовательно, является результатом поражения левого полушария. Однако доклад напечатан не был и не стал известен специалистам. Только 25 лет спустя уникальными экспериментами природы сумел воспользоваться французский хирург и секретарь общества антропологов П. Брока. Он подметил, что повреждение третьей лобной извилины левого полушария сопровождается нарушением речи.

Наблюдения Брока дали толчок к целой серии исследований. У людей наблюдали словесную глухоту, двигательные

нарушения речи, расстройства письма и чтения. При речевых нарушениях очаг заболевания гнездилился в левом полушарии. Что делало правое, никому не было известно. Казалось, что области, разрушение которых слева приводило к серьезным заболеваниям, в правом полушарии бездельничали. Что бы это могло означать? Может быть, из двух половинок мозга одна, как муравей, неустанно трудится, а другая, как стрекоза, попросту тунеядец?

Клинические наблюдения выдали многие тайны мозга. У этого метода только один недостаток: когда врач имеет дело с больным, он не может знать достаточно точно, что произошло с мозгом, а когда мозг становится доступным для наблюдения, уже поздно выяснять, какие функции были нарушены.

Почти до последнего времени исследователи не могли проводить непосредственное экспериментальное изучение функций мозга. Лишь недавно оно стало возможным. Новый метод не принес пока ни неожиданных, ни даже просто новых открытий. Обо всем, что с его помощью удалось выяснить, врачи уже давно знали, но мне гораздо удобнее говорить о результате лабораторного опыта, чем вести повествование извилистыми тропинками клинических экспериментов природы, всегда имеющих печальный конец.

Лет сорок назад в психиатрии возник новый способ лечения, так называемая электросудорожная терапия. Сейчас не имеет смысла вспоминать, кто его предложил. К счастью, он

себя оправдал. Немало больных этот способ если не вылечил, то, во всяком случае, вернул домой. Даже в наше гуманное и просвещенное время к электросудорожной терапии по-прежнему прибегают, когда другие методы не дают результатов, и, случается, судорожные припадки приносят пользу.

Судороги вызывают, раздражая мозг электрическим током. Электроды укрепляют с обеих сторон головы и пропускают ток от уха к уху. При этом электричество раздражает оба полушария мозга, а иногда и другие отделы. Несколько лет назад в Англии и США стали применять раздражения одного полушария, накладывая электроды справа на лобные и затылочные участки головы. Выбор правого полушария объясняется тем, что припадки в этом случае мягче, не вызывают у больных особо тягостных воспоминаний и мало затрагивают речь.

Раздражение электрическим током настолько дезорганизует работу мозга, что его обычная деятельность прекращается. Внешне это выглядит как выпадение функций полушарий, поскольку исчезают реакции, связанные с раздражаемым отделом. Записи электрических реакций мозга убеждают, что после раздражения надолго изменяется их ритмика. Именно в это время обнаруживаются наиболее глубокие нарушения деятельности мозга. Уже беглого взгляда бывает достаточно, чтобы определить, какое полушарие мозга раздражилось.

После левостороннего судорожного припадка надолго

расстроена речь и сознание. Лишь понемногу функции восстанавливаются. Сначала больные начинают откликаться на свое имя, потом понемногу восстанавливается способность понимать обращенную к ним речь, выполнять простые инструкции, называть сначала наиболее обычные, а затем редко встречающиеся предметы. Возвращается способность ориентироваться во времени и пространстве.

После правостороннего припадка, если подобные симптомы и обнаруживаются, то проходят достаточно быстро. Вместо выпадения речи появляется болтливость, потребность имитировать различные звуки. Создается впечатление, что в обычной жизни правое полушарие слегка притормаживает левое, сдерживает его, не давая разойтись.

Очень интересны результаты по изучению восприятия речи. После левостороннего раздражения мозга больные хуже понимают очень тихую речь, после правостороннего – лучше. Видимо, и в этом отношении левое полушарие, освободившись из-под контроля правого, работает надежнее. На фоне шума речь воспринимается иначе. После левостороннего припадка больной плохо ее разбирает, но шум не вызывает дальнейшего ухудшения разборчивости. При правосторонних припадках шум сильно затрудняет понимание речи.

Может быть, правое полушарие помогает мозгу разбираться, какие звуки являются речевыми, а какие посторонними? Не оно ли умеет по тембру узнавать голоса знакомых людей? Каждый, вероятно, замечал, что, беседуя с соседом

напротив за шумным праздничным столом или вслушиваясь в речь докладчика на многолюдном митинге, мы воспринимаем только его слова, не замечая или, вернее, не воспринимая речь ближайших наших соседей. Не правое ли полушарие обеспечивает нам такую возможность?



Опознавание голосов животных и птиц, музыкальный слух и музыкальные способности – дело правого полушария. Больные с повреждением левого полушария, вызвавшим глубокие нарушения речи вплоть до полной немоты, тем не менее

сохраняли способность воспроизводить известные им мелодии, даже напевать простые песенки. Известны случаи, когда из-за левостороннего повреждения мозга выдающиеся композиторы теряли речь, но сохраняли способность сочинять музыку. Напротив, очень незначительные повреждения определенных областей правого полушария, не вызывая нарушения речи, приводили к потере музыкальных способностей: нарушалось пение, игра, на музыкальных инструментах, исчезал дар композиции.

После электросудорожного припадка нарушается память. Слова, которые испытуемому давали прочитать после левостороннего припадка, он скоро забывал, зато хорошо запоминал картинки, на которых были изображены сложные геометрические фигуры. Напротив, после правостороннего припадка такие фигуры запоминались плохо, а слова хорошо. Видимо, при левосторонних припадках сохраняются зрительные образы предметов, а при правосторонних – запоминаются названия.

Судорожный припадок на много часов, а то и дней меняет эмоциональную окраску поведения. После левостороннего припадка первое, что слышит врач, – вздохи и стоны больного. Пациенты угнетены, необщительны. Все вызывает у них неудовольствие, раздражительность, негативную реакцию. Такое поведение после тяжелейшего припадка кажется вполне естественным, но при правостороннем раздражении картина совершенно иная. Еще только кончились судоро-

роги, еще испытываемый не в состоянии говорить, а врач уже видит на его лице улыбку. Настроение значительно улучшается. Все воспринимается с удовольствием, так сказать, в розовых тонах. Сильнейшая депрессия после припадков может смениться почти маниакальным состоянием. Вот почему в США лечат правосторонними припадками. Отличное настроение, наступающее сразу же после припадков, весьма впечатляющий симптом хорошего терапевтического эффекта, особенно для несведущих в медицине родственников больного.

Функциональная неравноценность больших полушарий – одно из самых загадочных явлений в деятельности человеческого мозга. Наш специфически человеческий парадокс. Пока никому не удалось убедительно объяснить, почему мозг на протяжении своей весьма продолжительной эволюции оставался строго симметричным как в своем строении, так и в отношении выполняемых функций и только на фазе человека отказался от этого принципа.

Может быть, развитие речи у наших предков обезьянолюдей происходило очень быстро, а эволюция головы, черепа и заключенного в нем мозга отставала. Тогда легко допустить, что у созидательницы-природы не хватало свободного материала, мозгового вещества полушарий, чтобы, как обычно, дублировать функцию, расположив ее центры в обеих половинах мозга. Я не уверен, что это объяснение самое правильное, но, на мой взгляд, оно ничуть не хуже остальных.

В мозгу животных все функции дублированы, но полушария не вполне равноправны. Одно из них бывает более активным, ведущим. Поэтому конечности соответствующей половины тела используются чаще, а полушарие оказывается более тренированным, способным выполнять более тонкие функции.

Опытный исследователь всегда сумеет определить ведущее полушарие. Крысы, впервые запущенные в новый, незнакомый для них лабиринт, будут двигаться вдоль одной из стенок и сворачивать в коридоры той же стороны. Собака пользуется одной из лап чаще, чем другой. Ею она будет доставать из-под дивана закатившуюся туда кость или выполнять иную, мало свойственную ей функцию.

Несимметричное развитие мозга, несимметричное распределение его функций у животных встречаются очень редко. Впрочем, может быть, мы просто об этом мало знаем. Почти единственным исключением являются дельфины. Одно полушарие мозга у них почему-то больше другого.

У многих певчих птиц не равноценны подъязычные нервы, иннервирующие голосовой аппарат, а значит, неодинаково функциональное значение правой и левой половин мозга. Если у пожилого зяблика с вполне сформировавшейся песней перерезать левую ветвь, произойдет почти полное разрушение песни. После перерезки правой из песни выпадет лишь несколько компонентов. Асимметрия функций в мозгу птиц поддается переделке. Перерезка левого подъязычного

нерва у молодого, еще не научившегося петь зяблика не отразится на его пении.

Среди человекообразных обезьян одинаково часты правши и левши. Наша праворукость, видимо, закрепилась в стадах обезьянолюдей в связи с использованием орудий труда. В коллективах, где все члены имели более развитой определенную конечность, легче выполнялась совместная работа. Они оказались более конкурентоспособны. Таким путем в конце концов и закрепилась праворукость, то есть преимущественное функциональное развитие левого полушария мозга. Неудивительно, что человеческий мозг поручил осуществление двигательных реакций, связанных с речью, левому полушарию, пока эта функция за ним прочно не закрепилась.

У левшей – есть и такая прослойка жителей нашей планеты – все наоборот. Речевым является правое полушарие, а его функции взяло на себя левое. Сложнее обстоит дело у амбидекстров – людей, не имеющих ярко выраженного доминирования одного полушария над другим. Раньше предполагалось, что в их мозгу все функции одинаково представлены в обоих полушариях, Исследование показало, что и у них дублирование функций отсутствует. Просто речевые центры мозга иначе сгруппированы и более равномерно распределены между мозговыми полушариями.

Травка, Фунтик, Рубикон и другие

Неудачный эксперимент нередко оборачивается для экспериментатора огромной удачей.

Еще начинающим исследователем я изучал судьбы информации, приходящей в мозг собаки сразу по нескольким каналам: через слух, зрение, кожные рецепторы, обоняние и так далее. У некоторых животных в ходе опытов были удалены различные анализаторные зоны мозга. Больше всего меня поразило тогда, как быстро исчезали последствия операций. Всего через каких-нибудь пять-восемь дней после удаления обширных областей мозга собаки вели себя совершенно нормально. Сторонний наблюдатель никогда не подумал бы, что совсем недавно я основательно поковырялся в собачьем мозгу. Только две собаки не укладывались в это правило.

Планируя эксперимент, я наметил сделать две контрольные операции: удалить лобные и теменные области коры больших полушарий. Эти зоны мозга не связаны с непосредственным анализом каких-либо раздражителей. Я полагал, что их удаление не вызовет особо серьезных последствий, и наметил для этого самых симпатичных собак. У Травки удалил лобные доли, у Фунтика – теменные.

С Травкой ничего особенного не произошло. Стала еще более ласковой, менее резвой. Удивляло лишь непреодолимое желание бежать за любымдвигающимся предметом.

Слегка пригнув нос к земле, с глазами, не выражающими никаких эмоций, Травка часами могла следовать за человеком, идущим по кругу или выписывающим замысловатые вензеля.

Гораздо большее впечатление произвел на меня Фунтик. У него было удалено значительно меньше мозгового вещества, чем у каждой из остальных собак, но он оказался тяжелым инвалидом. Первое впечатление было, что собака просто ничего не видит. Он натыкался и на крупные и на мелкие предметы.

Спуститься или подняться по лестнице Фунтик не мог. Если его вели вниз, не замечал первой ступеньки, сваливался с нее, затем со второй, третьей, пугался, и никакие уговоры не могли заставить его идти дальше. Фунтику так же трудно было подниматься наверх. Так как сразу же после операции у него появилась манера двигаться по комнате, опустив нос к самому полу, как бы обнюхивая или даже ошупывая носом дорогу, он просто натыкался мордой на ступеньку. Поставить на нее лапу он не догадывался.

Иногда с Фунтиком случались забавные истории. Попав случайно головой под стул, он надежно застревал в лесу из четырех ножек. Приходилось помогать. Преодолеть низенький барьер пес не мог. Не догадывался через него перешагнуть.

Все же настоящим слепцом назвать его было нельзя. Через пару недель, когда Фунтик несколько освоился со своим

положением, я стал замечать, что он может издали направиться к белой (или вообще светлой) двери. Отличить дверь комнаты от белого шкафа он, конечно, не мог. Мало того, обладая способностью увидеть дверь издали, он часто промахивался и натыкался на косяк. Мелкие препятствия, вроде ножки стола или стула, также не оставались незамеченными, и все же он на них натыкался. Значит, видел, но не понимал того, о чем сообщали мозгу его глаза.

Объяснить поведение собаки только нарушением зрительной функции нельзя. Я многократно убеждался, что здоровые собаки максимум за полчаса обучаются ходить по лестнице с завязанными глазами, приравливаясь к высоте и ширине ее ступенек. Для Фунтика лестница более трех месяцев была «непреодолимым барьером». Здоровые собаки с завязанными глазами легко справлялись с пустяковыми препятствиями. С помощью остальных органов чувств они активно исследовали сложившуюся ситуацию и легко ориентировались в пространстве. Совершенно очевидно, что одним нарушением зрения поведение моей собаки никак объяснить нельзя.

Чем дольше я наблюдал за Фунтиком, тем мне яснее становилось, что у него нарушено взаимодействие анализаторных систем. Это чувствовалось во всем. Координация движений у Фунтика нарушена не была. По гладкому полу он ходил довольно уверенно, пока голова оставалась неподвижной. Стоило собаке повернуть голову или нагнуть ее, Фун-

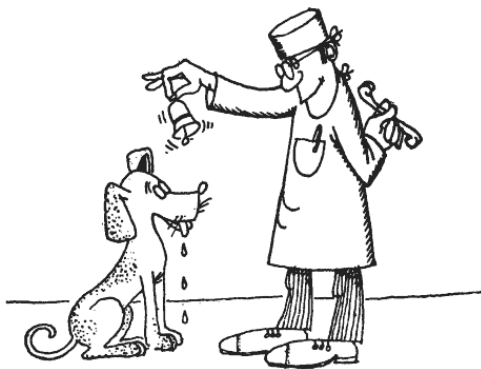
тик тотчас же терял равновесие. Орган равновесия работал исправно, но делать поправку, учитывающую положение головы, пес разучился. Его мозг не мог объединить информацию вестибулярного аппарата и мышц шеи.

На основании простых наблюдений делать окончательные выводы нельзя. Я стал изучать, как анализирует Фунтик сложные комплексные раздражители, а вскоре завел для этого и других собак.

Первым меня заинтересовал вопрос, могут ли у собак с повреждением теменных отделов больших полушарий образовываться временные связи между двумя раздражителями, адресующимися к разным анализаторам. Например, между светом и звонком или между кожным раздражением и запахом мяты. Образовать их мне не удалось. Это подтверждало, что анализаторные области мозга разучились работать совместно.

В следующем эксперименте изучалась способность оперированных собак отличать один сложный раздражитель от другого. Задолго до проведения операции у всех подопытных животных был выработан условный рефлекс на трехчленный комплекс раздражителей: свет, звонок и касалку. Раздражители действовали один за другим, и только после кожного давался корм. От этого комплекса собаки должны были научиться отличать другой, составленный из тех же компонентов, но действовавших в обратном порядке. Задача для собак непростая, но они с нею справились.

Особенно трудно давалось полное равнодушие к раздражителям, за которыми не следовал корм. Где-то в глубине собачьего мозга (чуть не сказал – души) постоянно теплилось сомнение: «Точно ли мне сейчас не дадут поесть? Ведь это все те же касалка, звонок, свет, после которых я всего три минуты назад получила отличную порцию мясосухарного порошка».



Я ожидал, что, если собаки с неповрежденным мозгом различают комплексы с трудом, то уж после операции они с этой деликатной задачей не справятся. Ничуть не бывало. После операции «сомнения» у собак возникали значительно реже и стали менее мучительны.

Когда период удивления и растерянности у меня прошел, я решил перехитрить своих подопечных.

Для Рубикона и других собак я удлинил комплекс, присоединив в конце еще один, четвертый, компонент – гудок, а затем заставил различать два сходных комплекса, где местами менялись только средние компоненты (свет – звонок – касалка – гудок, свет – касалка – звонок – гудок). Я-то знал, что эта задача на пределе собачьих возможностей. Не тут-то было, не без колебаний и сомнения, но и эту задачу собаки четко решали. Пришлось затеять новое исследование.

При выработке рефлекса на комплекс его компоненты объединяются временными связями. Поэтому у моих собак второй и третий компоненты комплекса, звонок и касалка, данные по отдельности, утратили способность вызывать условный рефлекс. Лишь на свет, самый первый компонент, слюнки по-прежнему текли.

Иначе дело обстояло у оперированных животных. У них не только первый, но и второй компонент вызывал рефлекс. Свет в размере 8 капель, звонок – 4, а весь комплекс: свет – звонок – касалка – 12. Третий компонент вызывал сильное торможение, способное подавить рефлекс на свет и звонок. В тормозном комплексе он оказывался на первом месте и должен был бороться с возбуждением, вызванным остальными компонентами. Теперь можно было формировать любые комплексы, заранее зная, какой величины будет рефлекс. При этом приходилось складывать эффект у двух первых компонентов и вычитать количество слюны, которое вытормаживал третий.

Свет + звонок = $8 + 4 = 12$ капель.

Свет + свет = $8 + 8 = 16$ капель.

Свет + звонок + свет = $8 + 4 + 8 = 20$ капель.

Звонок + звонок + звонок = $4 + 4 + 4 = 12$ капель.

Касалка + звонок + свет = $4 + 8 - 12 = 0$ капель.

Касалка + звонок + свет = $4 + 8 - 12 = 0$ капель.

Касалка + свет + свет = $8 + 8 - 12 = 4$ капли.

Касалка + звонок + звонок + звонок = $4 + 4 + 4 - 12 = 0$ капель.

Теменная кора оказалась у собак тем местом, где происходит интеграция показателей различных анализаторов. Без этого отдела мозга невозможно образование временных связей между компонентами комплекса. У нормальных собак он анализирует всю приходящую информацию и, если получит соответствующий сигнал, дает команду пищевому центру осуществить рефлекс.

В отсутствие теменных областей пищевому центру приходится самому «решать», на какие раздражители следует гнать слюну. «Запомнить» сложные комплексы он не в состоянии. Вместо того чтобы реагировать на целый комплекс, он вынужден работать как счетовод.

Теменная область, лежащая в центральной части больших полушарий мозга между основными анализаторными областями, берет на себя обработку комплексов и тем освобождает остальные отделы мозга от ненужного формирования тысяч и тысяч временных связей.

Академик И.С. Бериташвили одним из первых догадался, что у анализаторов должен быть помощник. Почти сорок лет назад, изучая у собак образование условных рефлексов на комплексы, он предположил, что временные связи не протягиваются от одного анализатора к другому, а идут к какому-то стороннему пункту, где и встречается вся информация о каждом компоненте комплекса.

Нужно прямо сказать, у него было мало оснований сделать подобное предположение. Скорее это гениальное предвидение.

По Бериташвили, начальный отрезок условного рефлекса на комплекс должен представлять собой пирамидку, по граням которой тянутся нити временных связей от его компонентов, чтобы на вершине связаться в один общий узел. Изучение теменных областей мозга показало, что именно здесь завязываются подобные узелки.

Социальная прибавка

Остия – морские ворота Древнего Рима. Много веков она верой и правдой служила римлянам. Сюда, в устье Тибра, приходили тяжело груженные корабли из всех портов Средиземного моря. Морским прибоем прошелестели над Остией столетия. Под натиском варваров пала Римская империя, а вместе с ней потеряла было значение и Остия. Пыль веков засыпала ее развалины.

В конце августа 1932 года на раскопки Остии со всего мира съехались крупнейшие биологи. В их числе были выдающиеся советские ученые: И.П. Павлов, А.П. Палладин, Х.С. Коштыянец. Осмотрев раскопки, они расселись на скамьях древнего амфитеатра. К аудитории, чтобы открыть очередной XIV Международный конгресс физиологов, вышел не кто-нибудь, а глава итальянских фашистов – Муссолини. Павлов, как известно, терпеть не мог стороннего вмешательства в науку, а вмешательство политического деятеля такого толка, естественно, перенести равнодушно не сумел. Всегда принимавший живейшее участие во всех научных собраниях, в этот раз он забрался на самый верх амфитеатра и, обмахиваясь шляпой, с мрачным видом слушал незнакомую речь. Дуче выступал, конечно, по-итальянски. В этом Павлов усмотрел еще одну причину для возмущения. Итальянский не был официальным языком конгресса.

Двуногое существо, именуемое человеком, относительно недавно стало жить социальной жизнью. Однако за это короткое время социальная среда постоянно развивалась и в настоящее время ничуть не менее сложна, чем биологическая. Если бы мы задались целью определить, какие факторы – биологические или социальные – в большей степени определяют наше поведение, то убедились бы, насколько сильно биологическое начало подпало под контроль социального. Даже в самых сложно организованных семьях общественных животных ничего подобного не наблюдается. Животные не устраивают всемирных конгрессов, не занимаются раскопками древних городов, не встречаются с политическими деятелями.

Общественная среда, несомненно, оказала воздействие на формирование человеческого мозга. Ученые давно искали социальный отдел, ту область, которая выполняет самые высшие, чисто человеческие психические функции. Подозрение пало на лобные доли больших полушарий, так как они развиты достаточно сильно лишь у человека и обезьян.

Не все были с этим согласны. Раздражение электрическим током почти любого отдела мозга вызывает у человека какие-либо реакции или ощущения. Лобные доли оказались немymi. Возникло подозрение, что они не выполняют определенной функции. Нашлись ученые, рискнувшие заявить, что лобные доли человеку ни к чему, что они средоточие всех человеческих несчастий.

Откровенно говоря, некоторые основания для этого были. Я знал до войны красивую девушку из очень одаренной семьи известных музыкантов. Все-то ей в жизни удавалось. И в школе и в институте она круглая отличница. Был у нее жених, такой парень, что подруги по институту (а в медицинском вузе, где она училась, девушек было немало) умирали от зависти. Она отлично играла на скрипке, неплохо пела.

Но поговоришь с ней полчаса – и убеждаешься, что перед тобой самый несчастный человек на Земле. Каждый зачет ее смертельно пугал, хоть сомневаться в успехе не было никаких оснований. Любое нечаянно брошенное слово, случайный взгляд подруг или преподавателя заставлял мучительно размышлять, искать в нем особый, тайный смысл. Даже гроза в день открытия сезона в филармонии становилась трагедией.

Такая мрачная жизнь тянулась у нее до начала войны. В марте 1942 года молодую женщину тяжело ранило. Осколок снаряда прошел сквозь мозг. Раненую увезли на Большую землю, долго лечили. Война изменила всю жизнь. Муж в первые же дни войны был убит на фронте. Мать и маленький сын погибли в блокадном Ленинграде. Она стала тяжелым инвалидом. О продолжении учебы не могло быть и речи. Но теперь она не унывала. Не было длительных переживаний, неудачи и несчастья не вызывали продолжительных неприятных эмоций. Настроение было всегда повышено веселое. Появилась любовь к плоским шуткам, примитивным анек-

дотам.

Не следует ли из этого примера, что лобные доли излишни, что от них лучше избавиться, обратившись к хирургу (как некогда в Западной Европе модно было в порядке профилактики удалять аппендикс). Представьте себе, примерно такие выводы и были сделаны. В 1936 году португальский невропатолог Э. Мониш предложил при особо тяжелых случаях психических расстройств применять прифронтальную лейкотомию – перерезку белого вещества мозга. Лобные доли не удалялись, но, отделенные от мозга, не могли принять участия в его работе.

Метод по меньшей мере варварский, вполне достойный фашистских застенков. (Недаром этот раздел начался с упоминания о дуче!) Видный невропатолог А. Брюк не случайно назвал применение лейкотомии «тяжелейшей проблемой медицинской морали». Между тем операция часто вызывала облегчение, возвращала безнадежно больных в лоно семьи. Особенно сильное распространение она получила в США и до сих пор еще применяется кое-где с лечебными целями. Недавно было совершенно точно установлено, что аппендикс дан людям не в наказание «за грехи», а выполняет важную эндокринную функцию. Тем более не следует сомневаться в необходимости лобных долей мозга. Обозначение их как органа «культуры», органа «абстрактного мышления» до некоторой степени оправдано.

Поражение лобных долей не нарушает ни зрения, ни слу-

ха, ни иных органов чувств, не вызывает параличей. Больные или угнетены и не проявляют никакой инициативы, или приподнято возбуждены и тогда совершают неконтролируемые, импульсные поступки: могут, не задумываясь, отдать первому встречному только что полученную зарплату, сделать в трамвае предложение случайной попутчице, невзначай наткнувшись на кассу Аэрофлота, купить билет до Владивостока. Они не способны критически относиться к собственным поступкам и не сознают нелепости своего поведения.

Раньше считали, что у «лобных» больных страдает память. Действительно, они все мгновенно забывают, но причина в другом. Они не способны долго удерживать на чем-нибудь внимание. Новые, непрерывно возникающие впечатления полностью затушевывают предыдущие. Если больного поместить в звукоизолированную камеру и, дав задание на запоминание, выключить свет, то есть оградить по возможности от всяких отвлекающих раздражителей, нарушения памяти не обнаружится.

Нарушается план последовательных операций. Больной не может даже по инструкции ни совершить сколь-нибудь сложные действия, ни прервать их. Легкая отвлекаемость и неспособность составлять план – одна из причин нелепых поступков. Вместо гуталина человек намазывает ботинки сливочным маслом, кладет в чай соль, вместо лапши опускает в кастрюльку мочалку.

Очень характерно стремление стереотипно, по многу раз совершать одни и те же действия. Собака с удаленными лобными долями, пристроившись сзади к ноге хозяина, будет часами бежать за ним. Больные обычно что-то монотонно тербят, перебирают пальцами, почесываются.

На этой почве возникают курьезы. Пациент в лечебной мастерской занят столярными работами. Закрепив в верстаке доску, он начинает строгать. Больным с поражением лобных долей не только трудно кончить беседу с другом, вернувшимся из похода, вкушать вкусную пищу и чесать, где чешется, как шутил Козьма Прутков, но и прекратить раз начатую работу. Доска под рубанком кончается, больной строгает верстак, не замечает этого и не может остановиться. Еще пример. Пациента просят написать цифру 5. Он пишет. Затем предлагают написать 123, он пишет 555, объединяя элементы текущей программы со стереотипным повторением предыдущей.

Мышление «лобных» больных алогично. Характерно случайное сцепление самопроизвольно появляющихся ассоциаций и неспособность схватить всю обстановку в целом. Человек выхватывает какой-то один ее элемент и на его основании действует. Больного просят рассказать о картине, на которой изображена торжественная церковная служба. Протоиерей в парадном облачении с кадилом в руке выходит из алтаря. Перед ним толпа молящихся, а слева у клироса коленапоклоненная старушка отбивает земные поклоны. Взор

больного в первую очередь обращается на эту злополучную бабуся, и ответ готов: «Что-то ищет. Наверное, иголку потеряла». По поводу картины Верещагина «Апофеоз войны», на которой изображен куртан из человеческих черепов и летающее воронье, один больной сказал: «Весна! Грачи прилетели!»

При пересказе также выхватывается какой-то один элемент, не всегда самый главный, до предела упрощается смысл повествования. Больному прочитан отрывок из школьных рассказов Л.Н. Толстого: «У одного хозяина курица несла золотые яйца. Он хотел сразу получить побольше золота и убил курицу. А у нее внутри ничего не оказалось. Она была как все куры». Прослушав сказку, больной так ее пересказал: «У одного хозяина была курица... Она гуляла... себе мясо нагуливала». Главный смысл сказки не понят и после повторного прочтения: «У одного хозяина была курица... Она жила-была, как все курицы, подбирала зернышки, трудилась... и благодаря этому жила». Здесь схвачен лишь смысл первого предложения сказки.

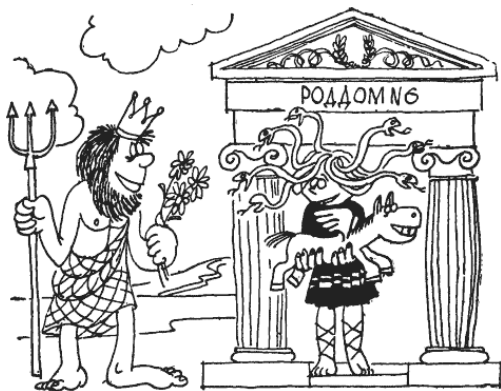
Классификации, например, картинок по какому-нибудь принципу мешают побочные ассоциации. Часто больной начинает выполнять задание правильно. Он складывает в одну кучу рисунки, на которых изображены деревья. Затем, наткнувшись на изображение зеленого автобуса, отвлекается на побочную ассоциацию – зеленый цвет – и присовокупляет его к деревьям. Далее туда же следует красный помидор,

на том основании, что он круглый, как колеса автобуса. Основной принцип классификации безвозвратно утерян, и вернуться к нему вновь больной не может.

Функции лобных долей изучают главным образом на больных. У человека они выполняют неизмеримо более сложные функции, чем у животных. А разобраться в механизмах работы лобных долей – это значит по меньшей мере наполовину понять физиологические тайны человеческого мозга.

Лошадка, на которой ездит наш мозг

Неудивительно, что среди детей Посейдона – грозного бога морей, было немало чудовищ. Владыка морей частенько выбирал себе в жены таких безобразных созданий, как Медуза Горгона с вечно оскаленной пастью, высунутым языком и головой, украшенной вместо волос извивающимися змеями. Особенно часто от него почему-то рождались лошади (возможно, он претендовал на руководство не только морским, но и остальными видами транспорта). Среди них были и довольно жалкие клячи, и морские кони гиппокампы, и даже один авиажеребчик – Пегас, самый выдающийся из всей божественной лошадиной братии.



В обязанности гиппокампов вменялось катать в колеснице по синю морю вооруженного трезубцем батюшку.

Пегас занимался извозом на стороне: доставлял Зевсу на Олимп выкованные Гефестом громы и молнии, возил на Парнас героев и поэтов. Последнее считалось его излюбленным занятием. Во всяком случае, современные поэты предъявляют на Пегаса свои права. Говорят, он помогает фантазии (читай – нашему разуму) высоко парить над миром.

Каждому бы по крылатой лошадке, но Зевс рассудил иначе. Когда древний анатом впервые вскрыл человеческий мозг, он обнаружил там гиппокампа. Ошибки быть не могло, европейские ученые отлично их знали. Гиппокампы – крохотные рыбешки с гривастой лошадиной головкой и, что уж совсем считается для рыбы неприличным, длинным, закрученным в колечко хвостиком, больше всего похожи на шахматных коней. Этого морского конька и напоминает древняя часть полушарий головного мозга.

С самого начала замысловатая форма и божественное происхождение (как-никак гиппокампы – сыновья морского владыки) вызывали самые разные предположения о его функциональном назначении. С тех пор исследований, направленных на выяснение функции гиппокампа, выполнено тысячи, а физиологи и теперь не могут сказать, какую же роль он выполняет.

Каждый эксперимент, который ставит физиолог, – это вопрос, обращенный к мозгу. Чтобы получить вполне вразум-

мительный ответ, нужно уметь задавать вопросы. Мозг чаще всего отвечает односложно – да или нет. При таком ограниченном словарном запасе бессмысленно спрашивать, сколько будет дважды два. Следует спросить, будет ли дважды два равняться четырем. Если экспериментатор неправильно сформулировал вопрос и не дает мозгу возможности уклониться от ответа, полученные результаты способны вызвать путаницу.

Это очень хорошо понимали в Институте высшей нервной деятельности, когда планировали цикл экспериментов. Сотрудники института не сомневались, что разноречивые результаты объясняются неадекватностью вопросов, задаваемых гиппокампу. Могло оказаться, что он выполняет более сложную функцию, чем ему приписывают, и при обычных экспериментах не в состоянии проявить свои способности.

Взвесив все известное о гиппокампе, исследователи пришли к выводу, что единственно достоверно его участие в эмоциональных реакциях. Эмоциональные напряжения возникают, когда потребности велики, а вероятность их удовлетворения в данной ситуации низка. Мозговые центры, заведующие потребностями, известны. А не оценкой ли ситуации занимается гиппокамп?

Постановка необходимого опыта не представляла затруднений. Еще в лабораториях И.П. Павлова занимались изучением ситуационных условных рефлексов, или, как называли их сами экспериментаторы, условных переключений. Напри-

мер, в одной камере собака получала пищу, в другой – удар тока. Один экспериментатор вырабатывал оборонительные, а другой – пищевые условные рефлексy. Собаки без большого труда осваивались с подобной ситуацией и правильно на нее реагировали.

Аналогичную задачу предложили крысам, предварительно разрушив у них гиппокамп: утром они должны были бегать за пищей к правой кормушке, вечером к левой. Известно, что с подобными заданиями крысы справляются с большим трудом. Исследователи ожидали, что после разрушения гиппокампа они совсем запутаются. Что можно ожидать от крысы, у которой поковырялись в мозгу?

Не тут-то было! Никогда результаты экспериментов не были столь неожиданными. Подумать только, оперированные крысы справлялись с задачей куда быстрее нормальных и почти не делали ошибок.

Нетрудно представить, насколько потрясены и обескуражены были исследователи. Они удалили одну из мозговых деталей, а животные явно поумнели. Как прикажете трактовать полученные результаты? Может быть, найден центр глупости?

Экспериментаторы ставили новые и новые опыты: утром крысы получали в камере ток, вечером пищу. Задача не вызвала никаких затруднений. Попробовали ее усложнить: выработали рефлекс на звонок. Утром он должен был сигнализировать о болевом раздражителе, вечером о пище. Опять

тот же результат.

Снова усложнили условия опыта. Теперь крысе предъявлялось два раздражителя. Утром свет сигнализировал пищу, а звонок болевое воздействие, вечером, наоборот, о появлении пищи предупреждал звонок, а о болевом раздражителе – свет. Нормальные крысы с подобной задачей справиться не в состоянии. И для оперированных она была заметно труднее предыдущих, но в конечном итоге оказалась разрешимой.

Загадка гиппокампа не давалась. Пришлось вновь порыться в литературе. Все исследования разделили на две группы. В одну объединили те, где разрушение гиппокампа приводило к ухудшению высшей нервной деятельности, в другую – где ухудшений не было. Закономерность существовала. Если животное по сигналу заставляли бегать к кормушке, здоровые крысы выполняли это задание лучше, чем оперированные. Когда кормушек было две и по одному сигналу нужно бежать к первой, а по другому – ко второй, оперированные крысы справлялись явно лучше здоровых.

Еще два эксперимента. Животных учили нажимать на рычаг, за что они получали пищу. Проголодается крыса, подбежит к рычагу, нажмет – и, пожалуйста, получает крохотный кусочек мяса. Съест, снова нажмет – еще порция... Несложная ситуация: жми, пока не насытишься. С ней и нормальные и оперированные крысы справляются легко. Совсем иначе вырабатывался навык, если пища давалась не за каждый нажим. Приходится нажать то пять раз, то пятнадцать, прежде

чем появится награда. Явное усложнение ситуации, но оперированные крысы справлялись с заданием гораздо лучше здоровых.

Давайте посмотрим, в чем усложнения опыта. Нет ли в них чего-нибудь общего? Оказывается, есть. Когда крыса бежит к одной кормушке, вероятность получения ею корма составляет 100 процентов. А если корм дается то из одной, то из другой? Тогда вероятность получения корма из каждой кормушки снизится до 50 процентов. То же самое в опыте с рычагом. В первом случае у крысы стопроцентная гарантия, что она, за каждый нажим получит корм. Во втором вероятность составляет всего 7–10 процентов.

Для образования условного рефлекса не обязательно подкреплять каждый условный раздражитель. Если животное голодно, пищу можно давать лишь на каждый второй сигнал. Если удар электрического тока очень силен, его можно давать лишь после каждого пятого сигнала. Условный рефлекс в обоих случаях выработается. Крысы, как и другие высшие животные, способны образовывать временные связи, если вероятность подкрепления значительно ниже 100 процентов. Здоровых животных это не очень затрудняло.

После удаления гиппокампа крысы решали задачу в шесть раз медленнее. Условный рефлекс у них вырабатывался труднее, зато, освоив ситуацию, они вели себя как хорошо отлаженный автомат.

Итак, деятельность гиппокампа, видимо, связана с оцен-

кой вероятностных процессов. Распределение обязанностей в мозгу можно представить следующим образом. Гипоталамус (есть и такой отдел мозга) оценивает потребности, а кора больших полушарий – ситуацию, информируя гиппокамп о вероятности удовлетворения потребности. Сопоставляя величину потребности с вероятностью ее удовлетворения, как бы суммируя эти два показателя, гиппокамп решает: быть или не быть условному рефлексу.

Видимо, для осуществления реакции необходимо, чтобы сумма существенно превышала максимальную величину любого из этих показателей. Когда нет потребности, условный рефлекс не возникнет, даже если мясо гарантировано. Рефлекс не образуется и у очень голодного животного, пока вероятность получения пищи равна нулю.

Вот почему для выработки наиболее простых условных рефлексов гиппокамп необходим лишь на самых ранних стадиях. Зато когда крыса производит выбор кормушек, гиппокамп вмешивается постоянно, хотя его деятельность и не всегда полезна животному.

При двух кормушках средняя вероятность получения пищи из каждой мала, всего 50 процентов, но ее оценка по ходу опыта может серьезно измениться. Если три раза подряд дали корм из левой кормушки, крыса оценивает вероятность получения пищи в четвертый раз из нее же гораздо выше, чем из правой. И поэтому руководствуется уже не только сигналом, указывающим, куда бежать, а главным образом ка-

жущейся вероятностью, что из левой кормушки корм дается чаще, и бежит, глупенькая, налево, сообразно сложившемуся у нее в данный момент представлению.

Крысе без гиппокампа труднее разобраться в ситуации с двумя кормушками, но, коль скоро рефлекс образовался, он идет автоматически, без дополнительных раздумий. Крыса ни о чем не задумывается, не взвешивает ситуацию. Ее поведение не гибко, но раз основные условия опыта не меняются, оказывается вполне разумным. Гиппокамп, стараясь сделать поведение еще более целесообразным, вносит путаницу.

Я думаю, этого вполне достаточно, чтобы читатель не вообразил, будто без гиппокампа можно обойтись. Его участие очень важно при крайне неопределенных ситуациях. Оперированные животные теряют способность осуществлять реакции, вероятность которых мала. Это серьезный дефект работы мозга, лишаящий его способности к творческой деятельности.

А что делает гиппокамп у человека? Нужен ли он людям? Весьма! Особенно для творческой деятельности. Он позволяет нашему мозгу, осмысливающему особенно трудную ситуацию, черпать из кладовых памяти и составлять из хранимых там элементов маловероятные на первый взгляд комбинации. Особо развитый гиппокамп необходим людям таких профессий, которые постоянно имеют дело с подбором случайных явлений. Например, творцам джазовой музыки. Недаром у некоторых представителей этой профес-

сии в США очень популярны фармакологические препараты, способные вызвать у здоровых людей галлюцинации. Во время галлюцинаций возможно сочетание самых невероятных событий, в том числе самые неожиданные комбинации звуков, и это, несомненно, облегчает джазовикам творческий процесс.

Музыкальная композиция – весьма грубый пример, но он показывает главную сущность того, что вносит в работу мозга гиппокамп. Люди, у которых поврежден гиппокамп, не теряют интеллекта. Они могут оставаться очень хорошими, исполнительными работниками, если приходится иметь дело с постоянными, жестко заданными ситуациями. Зато для творческой деятельности такие субъекты непригодны.

Где же зарыта собака?

Тюрингский лес – красивейшее место Германии. В живописной долине у подножия горы Инзельсберг лежит старинная заброшенная деревенька Винтерштейн. Впрочем, «заброшенная» не совсем верно. Двадцатый век, как и повсюду в Европе, протоптал по ее кривым, утопающим в зелени улочкам туристские тропы. Это для современных землепроходцев на перекрестках улиц установлены указатели с надписью «Zum Hundengrab» – «К собачьей могиле».

Здесь на окраине деревушки в старом запущенном парке у подножия каменистого холма, на котором находятся руины фамильного замка графов фон Вангенхейм, стоит покосившаяся каменная плита с барельефом собаки. Надпись на плите гласит: «В 1650 году 19 марта здесь погребена собака по имени Штутцель с тем, чтобы ее не сожрало воронье. Она была верна своему господину и госпоже и доказала это на деле». Собака погибла на боевом посту. Она были убита во время одного из любимых «развлечений» немецких баронов, небольшой междоусобной войны. Штутцель добросовестно выполнял роль связного между замком своего хозяина и окруженным врагами Готским замком Грименштейн.

На памятнике есть и четверостишие, начинающееся словами: «Вот где зарыта собака...» С легкой руки графа Вангенхейма эта поговорка пятую сотню лет гуляет по конти-

ненту. Ее произносят, когда хотят сказать, что в этом-то и заключается суть.



Здесь речь пойдет о том, почему, кроме больших, есть еще и малые полушария головного мозга, или мозжечок.

Большие и малые полушария очень похожи друг на друга. Поверхность мозжечка также испещрена складками и глубокими извилистыми бороздами. Разрезанный пополам, он напоминает тугую кочан капусты. В центре – белая кочерыжка, от которой в обе стороны отходят листья. Их белая сердцевина, как корой, покрыта слоем серого вещества. Это и есть его кора. Мозжечок раз в 10 меньше больших полушарий, но благодаря глубине и извилистости борозд его поверхность, а значит и площадь коры, очень велика. Она всего в 2,5 раза меньше, чем у больших полушарий.

Мозжечок еще во многих отношениях загадочное образование. Он есть у всех позвоночных животных, что, несомненно, свидетельствует о его исключительной важности. Однако если взглянуть на развитие мозжечка, так сказать, в историческом плане, то тут же столкнешься с одной из его загадок. У очень древних и примитивных существ – миксин и миног – мозжечок уже отчетливо выражен. Позже, на следующей стадии эволюции животных, у акул и настоящих рыб он получает впечатляющее развитие. Казалось бы, дорога дальнейшего прогресса должна быть прямою и ясною.

Все у амфибий претерпело развитие и усовершенствование. Появились лапы с пальцами и перепонками. Возникли легкие. Усовершенствовалось сердце. Огромный скачок сделали амфибии в своем развитии, и только мозжечок почему-то претерпел регресс. Из крупного, хорошо развитого органа, каким он был у рыб, превратился мозжечок в тоненькую полоску, в фитюльку. Дальше у рептилий и птиц он опять пошел в гору и продолжал развиваться вплоть до человека так же энергично, как передний мозг.

Физиология мозжечка – крепкий орешек. Крупнейший вклад в его изучение внес академик Л.А. Орбели. Он разработал сложнейшую операцию по его удалению. Вблизи мозжечка расположены крупные кровеносные сосуды и жизненно важные центры. Одно неверное движение – и животное погибнет на операционном столе.

Еще сложнее последующий уход. Как только собака нач-

нет освободиться от наркоза, могут возникнуть судороги. Малейший звук, свет, сотрясение пола от проехавшего где-то грузовика вызовут припадок. Его возникновение чревато большой опасностью. Стоит возобновиться кровотечению, и смерть от кровоизлияния неизбежна. Поэтому в лабораториях Орбели оперированных собак первое время выдерживали в «люльках» – глубоких, широко растянутых мешках. В помещении сохранялся полумрак. Дежурный старался не делать лишних движений.

Безмозжечковые собаки на всю жизнь оставались инвалидами, особенно тяжелыми в первые недели. Вначале они не могли ни стоять, ни самостоятельно есть. В лучшем случае лакали жидкую пищу, если им поддерживали голову. Даже лежать в обычной позе животные не в состоянии. Обычно собаки лежат на боку. Любое внешнее раздражение, попытка подняться вызывают своеобразный припадок: передние лапы выпрямляются, шея втягивается в плечи, голова запрокидывается назад. В этой напряженной позе животное остается часами.

Позже животные начинают вставать и ходить, если можно назвать ходьбой эти первые попытки. Собаку сильно покачивает. Чтобы устоять на ногах, она широко раскидывает лапы. И все же, не удержавшись, падает. Каждый звук, шорох, поворот головы усиливают качание. И встать и лечь собаке одинаково трудно. Сначала при попытках лечь она теряет равновесие и падает на бок. Позже животные изобрета-

ют особый способ ложиться, все шире и шире расставляя конечности. Лапы расползаются, и она довольно плавно шлепается на живот.

Передвигаться собака не в состоянии. Стоит оторвать лапу от пола – и животное, потеряв равновесие, падает. При каждом шаге конечности высоко вскидываются и сильно стучаются об пол. Движения неритмичны. Покачавшись в нерешительности, собака вдруг точно с разбегу делает 2–3 быстрых шага, внезапно, как бы споткнувшись, замедляет движение и снова убыстряет темп, непрерывно покачиваясь и балансируя на неповинующихся ногах. Много месяцев спустя походка остается все такой же неверной. На снегу вместо ровной цепочки следов получается какая-то невообразимая мешанина, точно собака пьяна.

Долгое время животное не в состоянии ни лизнуть хозяину руку, ни брать пищу. При попытке подобрать с пола кусочек мяса возникает цепь трагических осложнений. Опуская голову, собака обязательно промахнется и, не сумев вовремя приостановить движение, непременно ударится об пол носом, отдернет голову, снова промахнется, и так много, много раз. Издали может показаться, что собака, как курица, склевывает что-то с пола. Только после многократных попыток совершенно случайно ей удается подхватить кусок.

Безмозжечковые собаки вынуждены быть очень изобретательными. Чтобы не падать, они выучиваются ходить вдоль стенок, используя их как опору. Чтобы не разбивать нос, едят

лежа. Кладет голову на пол, поворачивает ее набок, осторожно пододвигает к лакомству и подбирает пищу.

Безмозжечковые собаки выглядят истощенными. Особенно заметна их утомляемость. Преданнейший пес на зов хозяина бежит с 2–3 остановками. Сделав 15–20 шагов, плюхается на пол, чтобы передохнуть. Долго стоять, лаять, даже есть оперированные животные не могут. У собак изменяется поведение. Малейшее прикосновение, особенно неожиданное, вызывает резкое отдергивание, встряхивание всем телом; иногда животное ошалело отскакивает. Шерсть всегда стоит немного дыбом, как будто собака чего-то боится. Изменяются кровяное давление и химизм крови, расстраивается работа желудочно-кишечного тракта.

Главный симптом безмозжечковых животных – нарушение координации движений. До работ Орбели считали, что мозжечок – высший мозговой центр равновесия. Теперь ясно, что к нему он имеет отношение ничуть не большее, чем к работе остальных органов чувств. Одно из доказательств – умение оперированных животных плавать. Нарушение равновесия проявлялось бы и на земле, и в воде.

Приписывали мозжечку и роль усилительного устройства для поддержания мышечного тонуса на нужном уровне. На самом деле у безмозжечковых животных тонус мышц чаще повышен. Тщательно проведенные наблюдения позволили Л.А. Орбели сделать вывод, что суть в ненормальном распределении тонуса.

Мозжечок не является ни верховным командным центром, ни единственным координатором двигательных реакций. Генеральный штаб, где принимают решения о двигательных реакциях, – кора больших полушарий. Главный исполнитель ее распоряжений – спинной мозг. Он способен организовать достаточно хорошо координированные движения, но ни начать их сам, по собственной инициативе, ни прекратить без помощи больших полушарий и мозжечка не может. Так зачем же мозжечок?

Предполагают, что он делает расчеты для внесения поправок на сопротивление среды, на перемещение центра тяжести и т.д.

Поддержание определенной позы и сохранение равновесия требуют очень точного распределения тонуса различных групп мышц. Собака, спокойно и непринужденно стоящая, отнюдь не табуретка, хотя имеет тоже четыре ноги. Чтобы лапы приобрели устойчивость, необходимо координировать деятельность мышц. Должны учитываться вес тела и положение центра тяжести. Малейшее движение головы или хвоста, дыхательные движения, сокращения сердца, перераспределяющие кровь в сосудистом русле, кишечная перистальтика, передвигающая пищевую массу по пищеварительному тракту, приводят к смещению центра тяжести, вызывая срочную необходимость изменить мышечный тонус значительной группы мышц. Буквально ежесекундно нужно производить перекоординацию. Задача стократ усложняется

во время движения, при более значительных изменениях в положении центра тяжести.

Функция мозжечка не ограничивается организацией двигательных актов. Видимо, он координирует условные рефлексы, работу органов чувств. Отсюда ненормальные реакции на прикосновения к коже, на звуковые и зрительные раздражители. Мозжечок держит под контролем рефлекторный аппарат внутренних органов и управление обменными процессами. Поэтому у оперированных животных возникают многочисленные отклонения в работе сердечно-сосудистой, пищеварительной, дыхательной систем организма.

Все перечисленное дало основание считать его высшим адаптационно-трофическим (трофический – питательный) центром организма. Полагают, что он руководит обменными процессами мозговой ткани и тем самым влияет на работу высших отделов мозга. Во всяком случае, после разрушения мозжечка высшая нервная деятельность у животных изменяется.

Получили объяснение истощенность и утомляемость безмозжечковых животных. Обменные реакции без надлежащего контроля усиливаются. Значительно возрастает расход мышечной энергии. Каждое движение приходится многократно повторять. Сразу оно не получается. В результате очень много лишних движений. Затем нужно исправлять их последствия. Огромный непроизводительный расход энергии.

Чтобы выполнить возложенную на него работу, мозжечок должен быть хорошо информирован. Часть сведений он получает из первых рук, непосредственно от коры больших полушарий.

Мозжечок работает весьма интенсивно. Поток электрических импульсов несет во все концы тела команды об усилении или торможении деятельности его органов. Особенно развиты тормозные механизмы мозжечка. Поэтому он никогда не бывает сам источником судорожных припадков. Напротив, удаление мозжечка способствует их развитию. С преобладанием тормозных механизмов связаны особенности оперативной памяти. Каждая реакция мозжечка – ответ на конкретную ситуацию данного момента. Что было только что, его уже не интересует.

Вот, собственно, смысл функционирования мозжечка, как он представляется в настоящее время.

Окна в мир



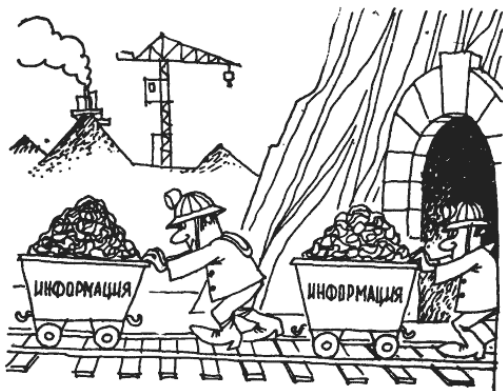
Подоконник

Саади, великий таджикский поэт средневековья, в книге нравоучительных рассказов «Голистан» («Розовый сад») говорит: «Спросили мудреца: у кого ты учился мудрости? Каким образом ты так преуспел в знаниях?» – «Я не стыдился спрашивать», – ответил философ Газали. «У слепых учился, которые не ставят ногу на место, что не ощупали палкой», – сказал Лукман, легендарный мудрец персидско-таджикского эпоса.

Наш современник на подобный вопрос ответил бы, что всю жизнь собирал, копил, сортировал и анализировал информацию. Таков уж человеческий удел.

В наш век, когда информация приобрела значение одной из главных человеческих ценностей, это понять нетрудно. Огромные массы людей работают в сфере информации.

Журналисты и сотрудники издательств, статистики и служащие библиотек, органов планирования и учета, связи, службы погоды, справочной и патентной служб, следственных органов, разведки и контрразведки – вот начало длинного списка профессий, для которых сырьем и продукцией служит информация. Я уже не говорю об армиях ученых, как рудокопы, выдающих на-гора информационную руду.



Информации накапливается так много, что разобраться в ней становится нелегко. Американцы подсчитали, что, если стоимость изобретения не превышает 100 тысяч долларов, при необходимости его дешевле совершить повторно, чем получить о нем информацию, роясь в архивах патентных бюро.

Жизнь любого организма теснейшим образом связана с

окружающей средой. Из нее он получает пищу, воду, кислород. Он постоянно должен опасаться врагов и поставлен в необходимость искать контакт с себе подобными существами, чтобы обзавестись потомством и обеспечить дальнейшее существование вида. Чтобы выжить, надо прежде всего быть хорошо информированным.

Живые организмы нашей планеты обзавелись большим арсеналом самых разнообразных рецепторных систем, призванных собирать, анализировать и направлять в мозг информацию, поступающую со стороны и от органов собственного тела. Значение для организма отдельных органов чувств в известной степени связано с образом жизни и средой обитания животных. Человек и большинство обезьян более трех четвертей информации получают с помощью зрения.

Каждая анализаторная система имеет приемный пункт и место хранения и обработки собранных сведений. Окнами зрительной системы служат глаза. Вот что происходит на их подоконниках.

Световые лучи проникают в глаз через зрачок. Они преломляются в хрусталике и с его помощью фокусируются на сетчатке. Редко изображение падает сразу в зону с достаточно высокой разрешающей способностью. Если информация заинтересовала владельца глаз, он должен как можно скорее добиться, чтобы она попала в центральные ямки обоих глаз, место наиболее плотной упаковки световоспринимаю-

щих элементов. Для этого существуют специальные мышцы, поворачивающие глазное яблоко.

Лиха беда поймать в поле наилучшего видения нужный объект, необходимо его там удержать. Трудная задача, так как глаз не способен оставаться неподвижным. Он постоянно медленно движется, и изображение рассматриваемого предмета ползет по сетчатке.

Движения эти происходят не от хилости мышц. Они в состоянии его удержать, да у неподвижного глаза перестают работать фоторецепторы, утомившись от однообразного зрелища. Движущийся глаз обеспечивает им смену впечатлений. Когда изображение сместится достаточно далеко, глаз скачком возвращается на прежнее место, переводя изображение поближе к исходной точке. Предполагают, что наведение глаза на цель осуществляет специальная следящая система мозга.

Когда нам приходится рассматривать движущийся предмет, работа следящей системы усложняется. Ее задача остается прежней: держать глаз точно нацеленным и в то же время не утомить однообразным зрелищем фоторецепторы. Для этого необходимо знать направление и скорость движения объекта, а если они меняются, многократно обновлять сведения, иначе глаз не успеет за целью.

Наведение происходит молниеносно. Через 0,15–0,17 секунды после появления в поле зрения нового предмета глаз бросается в погоню, вмиг догоняет и, уже не отпуская ни на

шаг, следует за ним, как бычок на веревочке, если, конечно, скорость предмета не чересчур велика, не более 10 градусов в секунду. Малые движения объекта, менее 5 угловых минут за секунду, не замечаются.

Глаз способен проследить любое движение: прямолинейное, криволинейное, маятникообразное. Наведение бывает особенно точным, если удастся заранее предсказать траекторию движения объекта. Для этого наша память должна хранить сведения о пройденном объектом пути и его скорости. Я говорю «наша» потому, что ни одно животное, даже обезьяны, не в состоянии это сделать.

Второй ответственный момент зрительного процесса – преобразование энергии света в нервное возбуждение. Существуют два типа световоспринимающих клеток: палочки и колбочки. Каждый фоторецептор имеет наружный и внутренний сегменты. Наружный сегмент заполнен высокой стопкой дисков, наложенных друг на друга, как блины в миске. Именно здесь и происходят первые этапы фоторецепторного процесса.

В мембранах дисков содержится родопсин – зрительный пигмент, состоящий из белка – опсина – и вещества, поглощающего свет, – альдегида витамина А, называемого ретиналом. Молекула ретиналя может находиться в пяти различных геометрических формах, но только одна из них, наиболее чувствительная к свету и теплу, используется для зрения.

Обычно ретиналь изогнут. Под воздействием света его

молекула выпрямляется. Это и есть первое звено фоторецепции, переход энергии света в энергию химической реакции. В таком виде ретиналь не может быть соединен с опсином. Молекула как бы разваливается на две части. В мембране дисков образуются дырки, и она становится проницаемой для некоторых ионов.

Обычно внутри клеток высока концентрация калия, а в межклеточных пространствах – натрия. В дисках, наоборот, натрия много, а калий находится преимущественно снаружи.

Эту странность легко понять, если проследить, как образуются диски. В электронном микроскопе при увеличении в 60–100 тысяч раз видно, как мембрана наружного сегмента фоторецептора понемногу вворачивается внутрь. Когда впячивание оказывается достаточно глубоким, стенки наружного сегмента сближаются, ликвидируя дефект: ямка превращается в пузырек, который отшнуровывается от стенки сегмента и всплывает готовым диском, унося с собой кусочек внеклеточного пространства с обильным содержанием натрия.

Перераспределение ионов между дисками и внутриклеточной средой в момент разрушения ретиналя приводит к возникновению электрического потенциала.

Чувствительность фоторецепторов очень велика. Минимальное количество света, которое может почувствовать человек, составляет 50–150 квантов. Это немного. Часть световой энергии обычно или отражается от роговицы, или по-

глощается, проходя внутри глаза.

До сетчатки добирается только половина – 25–75 квантов света. Большая их часть пропадает зря. Только 20 процентов поглотится световоспринимающими клетками, всего 5–15 квантов. Трудно представить, что из этого мизера квантов, нашедших диски, два или три застрянут в одной рецепторной клетке. Таким образом, приходится признать, что достаточно одного кванта света, чтобы возбудить фоторецептор глаза.

От сложного к простому

Как ни странно, сведения об устройстве глаз на первых порах не столько помогали, сколько мешали понять зрительный процесс. В древности ученым было легче. Они предполагали, что человеческая душа смотрит на мир через дыры глаз, как мы глядим из окна вагона на пролетающий мимо пейзаж. Когда стало понятно, что луч света, пройдя через роговицу, хрусталик и стекловидное тело, упирается в чувствительную клетку и только она способна информировать мозг о зрительных впечатлениях, возникла масса вопросов.

Нужно честно сказать, физиологи вздохнули свободнее, когда выяснилось, что в мозгу есть слоистые структуры (впоследствии названные экранными) и каждый участок сетчатки имеет там свое представительство. Правда, проекция в мозгу передана в особом масштабе. Та часть сетчатки, где плотность фотовоспринимающих клеток велика, занимает непропорционально большую площадь. Такая же проекция сетчатки найдена в мозгу большинства млекопитающих. У кошки центральная ямка занимает почти все отведенное для сетчатки поле. У кролика, крокодила и лягушки проекция имеет сильно вытянутую форму в соответствии с тем, что они лучше всего видят в горизонтальной плоскости. У птиц – два или три желтых пятна. Для каждого есть своя зона.

У человека и высших животных в коре больших полуша-

рий два экрана: первичный и вторичный. Информация сначала передается на первичный экран и отсюда транслируется на вторичный. Если на первичном экране разрушить какой-нибудь участок, в соответствующем месте вторичного появится дырка. Изображения не возникнет. Таким образом, глаз передает по нервам изображение в мозг, и там оно перерисовывается мозаикой возбужденных и заторможенных клеток.

Выходило, что глаз, как съемочная телекамера, считывал изображение и развертывал его вновь на экранах мозговых телевизоров. Кажется, все понятно? Если бы это было так! Чтобы понять изображение, кто-то все-таки должен смотреть на мозговой экран.

Неожиданно оказалось, что значительную обработку зрительная информация проходит уже в глазу, а в мозг передаются ее результаты. Фоторецепторы посылают информацию находящимся в глазу ганглиозным клеткам, аксоны которых уходят в мозг. Благодаря тому, что ганглиозная клетка может быть связана с различным числом фоторецепторов, она обладает способностью замечать некоторые свойства рассматриваемых объектов. Такие ганглиозные клетки получили название детекторов, что в переводе с латинского означает – обнаруживающий.

У лягушек их пять типов. Наиболее важный из них – детектор темного пятна. Он посылает в мозг информацию о движущихся темных пятнах небольшого размера. На светлое

пятно и прямые линии этот детектор, получивший также название детектора обнаружения насекомых, не реагирует. Даже если лягушке дать живую муху, но подсвечивать ее так, чтобы она показалась значительно светлее фона, реакции не последует. Детекторы длительного контраста не реагируют на предметы округлой формы и на изменения общей освещенности. О любых быстрых перемещениях в поле зрения лягушки сигнализируют детекторы движущихся границ. Детекторы общего затемнения сигнализируют только об изменении освещенности.

Показания детекторов сетчатки прямо, без дальнейшей обработки передаются в двигательные отделы мозга, обеспечивая максимальную быстроту реакций животного: темное пятно – выстрел языком, как говорят охотники – навскидку, и жертва в желудке; движется большая тень – мгновенная оборонительная реакция, затаивание или прыжок в воду.

У лягушки мозг не утруждает себя анализом зрительной информации, полностью полагаясь на детекторы сетчатки. Их малое число, безусловно, сильно сужает объем воспринимаемой информации. Однако амфибиям этого вполне достаточно. Их устраивает известное ограничение. В хаосе быстро меняющихся зрительных впечатлений хилому мозгу амфибий просто не удалось бы разобраться.

Чтобы избежать опасности или пообедать, получаемых сведений вполне хватает. Например, с помощью детектора обнаружения насекомых можно поймать и червяка, так как

этот детектор отлично реагирует на появление в поле зрения длинной полосы, если она двигается узким концом вперед. Выстрел языком может не принести желаемого результата, тогда жаба преследует голову строптивного червя (детектор на задний конец уходящей из поля зрения полоски не реагирует) и, если червь не догадается сунуть голову в норку, непременно его съест.

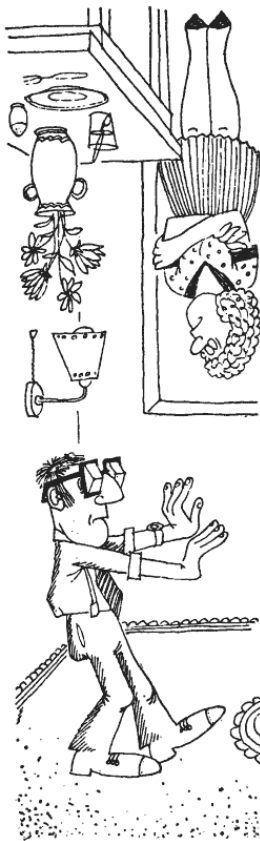
Детекторы могут здорово подвести, если лягушке повезет напасть на большую компанию жучков, паучков. Кому приходилось держать лягушек или жаб у себя дома, несомненно замечал, что они вели себя как Буриданов осел между двумя охапками сена: не знали, куда кинуться, когда им давали сразу много живого корма.

Возбужденный участок сетчатки создает вокруг себя обширное тормозное поле. Когда насекомых много, каждый возбужденный участок сетчатки оказывается в тормозном поле соседнего возбужденного. Чем больше в поле зрения лягушки насекомых, чем ближе они друг к другу, тем слабее реакция детекторов.

Очень важны детекторы направления движения. В нервной системе крабов, бабочек, саранчи, пчел, мух найдены нейроны, реагирующие на объекты,двигающиеся только в каком-то одном направлении. Детекторы поворота обнаружены у хрущей. Они реагируют при одновременном движении вперед в поле зрения одного глаза и движении назад в поле зрения другого.

Детекторы – врожденные устройства. Учиться пользоваться ими не надо. Зато и перестроить их работу мозг не в состоянии. Так как хрусталик, преломляя световые лучи, переворачивает изображение, в глазу человека и животных видимый мир оказывается опрокинутым вверх тормашками. Если мозгу лягушки предоставить возможность видеть изображение правильно, хирургическим путем повернув глаза на 180 градусов, она никогда не научится ими пользоваться. Муха, ползущая у ее ног, будет казаться лягушке наверху. Она туда и направит выстрелы языка. Так же беспомощны окажутся куры, если их заставить носить очки, переворачивающие изображение. Уже небольшое вмешательство полностью нарушает зрительное восприятие. Призмы, одетые на глаза цыплятам, сдвигали изображение всего лишь на семь градусов в сторону, однако малыши, клюя зерна, всегда промахивались и оставались голодными. Обезьяны с большим трудом после длительной тренировки несколько свыкались с жизнью в очках, перевортывавших изображение.

Приспособиться под силу только человеку. Впервые это испытал на себе английский психолог Д. Стрэттон. Первые отчетливые признаки переучивания появились у него на четвертый день ношения «перевортывающегося» приспособления. (Стрэттон носил линзу на одном глазу, а другой закрывал темной повязкой.) На пятый день он мог свободно гулять в своем саду, а на седьмой – начал вновь получать удовольствие от красоты окружающего пейзажа.



Приспособиться очень помогли остальные органы чувств. Если воробей молчал, он казался прыгающим по дорожке сада, но, как только раздавалось чириканье, Стрэттон

сразу же замечал, что птица находится на дереве. Правильно видеть движущиеся предметы было легче, чем неподвижные. Экипаж, стоящий у подъезда, казался перевернутым вверх колесами, но, как только он трогался с места, сразу же обретал правильное положение. Если стенные часы останавливались, они начинали казаться перевернутыми, но, пока маятник качался, воспринимались правильно.

В конечном итоге после нескольких дней ношения очков, переворачивающих изображение, люди начинают видеть окружающий мир вполне правильно и даже способны водить машину, только нужно вести активный образ жизни. Специальный эксперимент подтверждает это утверждение. Два человека одновременно надели переворачивающие очки. Один из них свободно передвигался и мог делать все, что хотел. Второй все время находился в кресле на колесиках с заложенными за спину руками. Ничего делать сам он не имел права. Возил его, кормил и ухаживал первый испытуемый. Переучивание произошло только у активного испытуемого. Пассивный не продвинулся ни на шаг.

Устройство детекторов несложно, но они могут по очень простым признакам узнавать нужный предмет. Наиболее впечатляющий пример – детекторы метро. Они опознают человека по тени. Детектор не способен отличить тень человека от тени верблюда, но ошибки редки, так как в узких проходах, ведущих к эскалатору, верблюдам быть не положено. Простые детекторы могут быть использованы для рас-

познавания сложных изображений. Еще в 1959 году американец Л. Хармон сконструировал анализатор, способный почти безошибочно распознавать цифры от нуля до девяти, написанные от руки словами на английском языке (0 – nought, 1 – one, 2 – two, 3 – three, 4 – four, 5 – five, 6 – six, 7 – seven, 8 – eight, 9 – nine).

Принцип был очень прост. Машина подсчитывала, сколько раз перо поднялось выше или опустилось ниже общего уровня строчки, вычерчивая h, g, f и t, выясняла, поставлены ли точки над i и черточки на t, да, пожалуй, еще прикидывала общую длину слова. Вот как просто разобраться в самом неразборчивом почерке.

Детекторы зрительной системы человека переключались в мозг. Там зрительная информация последовательно развертывается на нескольких экранах, причем каждый последующий обычно больше предыдущего. Поэтому изображение каждый раз увеличивается и становится более разборчивым.

Первые экранные структуры – в заднем ядре наружного коленчатого тела. Так как в ядре 6 слоев клеток, то и экранов 6. Половина их (1, 4 и 6-й слои) получают информацию от глаза той же стороны тела, остальные от противоположного, 4/5 площади каждого экрана занимает проекция центральных отделов сетчатки. На 1/5 пространства теснятся ее остальные части. Кроме того, на обращенных внутрь участках экранов зеркально дублирована проекция его наружных частей. Итак, только на первом этапе мозговой об-

работки зрительной информации изображение дублируется на 24 экранах.

Последующие отделы мозговой части зрительного анализатора тоже обильно экранизированы. Здесь и сосредоточены детекторы. Одни из них обнаруживают движущиеся объекты и определяют направление. Это значит, что нервные клетки отвечают активностью только в случае определенного направления движения. У кролика и кошки большая их часть занята уточнением направления движения в горизонтальной плоскости. У белки-летяги, живущей на деревьях, оба вида детекторов (движения в горизонтальной и вертикальной плоскостях) представлены в одинаковых количествах.

Реакция детекторов направления тем сильнее, чем быстрее движутся предметы. Особенно сильная реакция возникает, если движущийся объект пересекает вертикальный диаметр зрительного поля и удаляется к периферии. Для кошки это значит: «Не зевай, а то упустишь добычу». Для кролика: «Уф, кажется, на этот раз пронесло». Если детекторы движения разрушить, все животные, кроме обезьян, теряют способность следить за двигающимся предметом, как бы он их ни интересовал.

У крыс найдены детекторы освещенности. В отличие от большинства детекторов зрительной системы они реагируют возбуждением на длительно действующие раздражители. После их разрушения животные теряют способность разли-

чать яркость света и точно оценивать площадь освещенной поверхности.

Верховным зрительным центром млекопитающих, безусловно, является затылочная кора. Она разделена на три зрительные области: 17, 18 и 19-е поля. Это первичная, вторичная и третичная зрительные области. Вторичные поля получают информацию от 17-го поля (поэтому оно и называется первичным). Кроме того, у кошек и собак в зрении участвуют теменные отделы коры, у человека и обезьян – височные.

Кора головного мозга – слоистая структура. Волокна, несущие зрительную информацию, ветвятся здесь в радиусе 100–200 микрон, вступая в контакт с 5 тысячами нейронов каждый. Нервные клетки разных слоев коры, находящиеся друг над другом, объединяются в вертикальные столбики. К ним посылает свою информацию огромное количество нейронов из всех отделов мозга, занятых обработкой зрительной информации. Возможно, в колонках объединяются все свойства видимого изображения: цвет, объемность, размер, удаленность и другие.

В коре млекопитающих обнаружены детекторы, реагирующие на линию, если хотя бы один ее конец окажется в поле зрения. Другие детекторы реагируют только на появление двух линий, оценивая величину угла между ними. Существуют детекторы, измеряющие степень кривизны линий. Более сложные корковые детекторы способны запомнить и

узнать предмет, если его ориентация в пространстве не изменится, на какое бы место сетчатки ни упало изображение.

Функциональная единица коры – рецептивное поле. У кошек и обезьян обнаружено три типа полей: простые, сложные и сверхсложные. Рецептивные поля имеют вытянутую форму и реагируют на что угодно, кроме изменения освещенности. Простые рецептивные поля разделены на две или три полосы – зоны. Одна из них возбуждательная, а к ней (иногда с двух сторон) примыкают тормозные. Такое устройство рецептивных полей очень помогает им выискивать прямые линии.

Предположим, что для обнаружения линии необходим сигнал ста нейронов рецептивного поля. Не будь тормозных зон, потребовалось бы, чтобы прореагировало сто нейронов из возбуждательной зоны. Тормозные зоны берут часть работы на себя, увеличивая чувствительность рецептивного поля. Они как бы сообщают мозгу, что ничего не видят, что линия находится где-то сбоку. Значит, она действительно прямая, а не волнистая и не залезает на территорию тормозных зон. С их помощью линия будет опознана, если в обеих частях рецептивного поля отреагирует по 50 нейронов.

В простое корковое рецептивное поле коры посылают информацию несколько рецептивных полей сетчатки, расположенных по прямой линии. Когда линия ляжет вдоль рецептивных полей сетчатки, возникнет ответ в соответствующем рецептивном поле коры больших полушарий. Таким обра-

зом, каждое простое рецептивное поле коры отвечает на раздражитель, появившийся только в определенном районе сетчатки. Простые рецептивные поля одной ориентации располагаются друг над другом, что позволяет следить за движением прямой линии.

В сложных рецептивных полях возбудительных и тормозных зон не удастся обнаружить. Они объединяют информацию от простых рецептивных полей и поэтому реагируют на прямую линию, где бы она ни появилась. В свою очередь, сверхсложные поля обобщают показания нескольких сложных полей, обнаруживая углы, концы отрезков прямой, отвечая возбудительной реакцией на линии одних направлений и тормозной – на линии, находящиеся к ней под определенным углом.

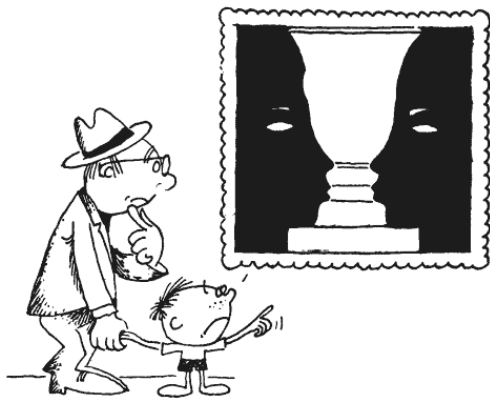
Простые рецептивные поля сосредоточены в 17-м поле, сложные – в 18-м, а сверхсложные – в 19-м. К ним доходит информация только от небольшого участка центральной сетчатки. Чтобы можно было рассмотреть детали, изображение должно быть спроецировано на этот участок. Вот почему необходимы следящие движения глаз.

Информация о разных свойствах раздражителя (о цвете, освещенности, линиях, углах, окружностях и т.д.) передается в кору по разным каналам и здесь объединяется.

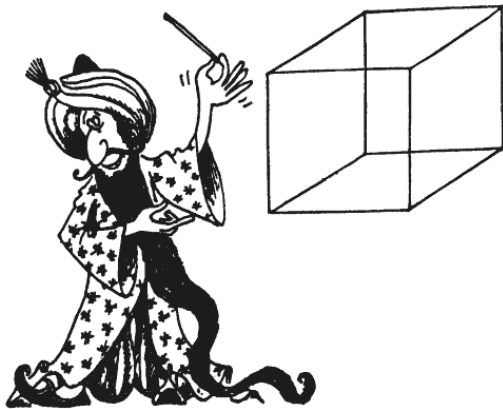
Вся ее обработка производится нами совершенно бессознательно. В зрительных ощущениях остается только окончательный результат, хотя зрительное восприятие – актив-

ный процесс. Об этом свидетельствуют опыты с так называемыми «двусмысленными рисунками».

Грубо их можно разделить на две группы. При рассмотрении одних попеременно воспринимается одна часть рисунка то как фон для другой, то как фигура. Из таких рисунков наиболее известны два обращенных друг к другу человеческих профиля, вместе образующие силуэт вазы. Мы попеременно видим то вазу, то профили.



Ко второй группе относятся рисунки, спонтанно меняющие свою глубину. Один из них – фигура Маха – профильное изображение каркаса полуоткрытой книги. Когда на него смотришь, видишь книгу, то повернутую к тебе страницами, то со стороны переплета.



«Двусмысленные рисунки» содержат недостаточно информации, чтобы можно было остановиться на какой-то одной гипотезе. Но, так как восприятие должно быть однозначным, мозг мечется, принимая то одно, то другое решение. Сколько бы мы ни рассматривали «двусмысленные рисунки», наш мозг будет до бесконечности выдвигать поочередно каждую из двух возможных гипотез, чтобы, тут же ее отбросив, обратиться к другой.

Мозг активно ищет однозначного решения. Он обязан определить, что за предметы у нас перед глазами. Выбирается наиболее вероятная гипотеза. Вот почему очень трудны для восприятия незнакомые предметы. Индийский средневековый поэт Бедиль писал:

Глаза того не зрят, чего не видит разум,

Чем ум твой овладел, то и увидишь глазом.

Вогнутая маска человеческого лица или ее фотография может восприниматься как лицо. Обыденность человеческих лиц столь велика, что информация о глубине отбрасывается нашим мозгом как неправильная и не принимается в расчет.

Итак, подведем итог. От наивного представления, что глаз просто перерисовывает в мозгу картины, возникшие на его сетчатке, пришлось отказаться. В мозг передается лишь самое необходимое. Весь избыток информации отбрасывается. Рассматривая тучу, достаточно установить ее форму и, если она однородна, цвет. Нет необходимости, разбив ее на мелкие участки, сообщать о каждом, что его цвет такой же, как у соседнего.

Мозг оперирует показаниями детекторов, которые вычлениают отдельные признаки изображения. Все детекторы смотрят на мир одними и теми же фоторецепторами, но каждый способен заметить только то, на что настроен: прямую линию, угол, окружность. У каждого вида детекторов своя локализация, в связи с этим видимый мир разбивается на куски, систематизируется, и сведения об отдельных его свойствах раскладываются по заранее подготовленным полочкам.

Картина, видимая мозгом, напоминает мозаичное панно, которое рассыпали на составляющие части, а затем кусочки

смальты рассортировали по отдельным коробочкам. Мозгу, чтобы узнать изображение, достаточно знать, из каких деталей оно построено, и откуда взят каждый отдельный кусочек. Примерно так работает зрительный анализатор человека.

Я милого узнаю по походке

Большинство людей крайне ненаблюдательны. Многие ли могут с уверенностью сказать, с какой полосы, белой или черной, начинается зебра. Зато все без тени сомнения будут утверждать, что зебра – это белое животное, похожее на лошадь, с поперечными черными полосами. И не ошибутся! В недавно вышедшем шестом томе «Жизни животных» А.Г. Банников и В.Е. Флинт пишут: «По светло-серому или буроватому фону тела зебр идут поперечные черные или черно-бурые полосы».

Кажется, сомнений здесь быть не может. Не совсем так. Спросите о зебре любого африканца, и он, ни на минуту не задумавшись, скажет, что зебра черное животное с белыми полосами. Так представляет себе зебру коренное население Африки.

Образ предмета – это обобщение. Используя с помощью детекторов сжатое описание предмета, мы узнаем его независимо от положения в пространстве, изменения освещенности или масштаба и можем обобщать, следовательно, узнавать разные предметы, относящиеся к одному классу.

Мы легко узнаем букву «а», каким бы шрифтом ее ни напечатали и каким бы почерком ни написали. Одинаково хорошо узнаем воробья, сидящего на ветке, клюющего корку хлеба, купающегося в весенней луже или нахохлившегося

зимним морозным вечером.

Наш мозг находит для этого бесспорные признаки, но держит их в секрете. Мы легко отличаем собаку, к какой бы экзотической породе она ни относилась, от любой экстравагантной кошки. Но попробуйте для пришельца из космоса, который еще не видел ни собак, ни кошек, составить программу, пользуясь которой он мог бы легко их различать, и убедитесь, как это трудно. Для таких сложных операций в мозгу не предусмотрены готовые аппараты. Они формируются в течение жизни, по мере знакомства человека с окружающей средой, в том числе и социальной. Вот почему неоднозначно воспринимают цвет зебр европейцы и коренные жители Африки.



Детекторы животных могут вычленять весьма сложные

изображения. У куриных птиц существует детектор, позволяющий им по контуру летящей птицы отличать хищника от безобидных тварей. Критерием служит короткий силуэт головы и длинный хвост для хищных птиц, вытянутая вперед на длинной шее голова и короткий хвост для гусей и уток. Распознаванию этих двух образов куры не учатся. Весь механизм в готовом виде имеется уже у только что появившихся на свет цыплят.

Некоторые ученые полагают, что и у человека существуют детекторы для узнавания очень сложных изображений, например человеческих лиц. Недавно было обнаружено, что, если самым маленьким детям предоставить возможность рассматривать различные рисунки, их взор дольше всего задерживается на изображении человеческого лица.

Чем сложнее был рисунок, тем дольше рассматривал его малыш. Изображения лица дети рассматривали вдвое дольше любого рисунка. Ни одна деталь лица сама по себе не привлекала особого внимания. Когда демонстрировался овал со всеми атрибутами лица: глазами, носом, ртом, бровями, волосами, но разбросанными в таком беспорядке, что признать рисунок за изображение лица было никак невозможно, — он не привлекал особого внимания младенца.

Единого мнения о возможности врожденного существования у человека таких сложных детекторов нет. Несомненно, что даже простыми детекторами человек должен учиться пользоваться. Слепые от рождения люди, которым опера-

тивным путем удалось вернуть зрение, долгое время учатся видеть. Активные, разносторонне развитые субъекты значительно быстрее обучаются пользоваться зрением, зато менее развитые и очень поздно прозревшие не могут достичь сколько-нибудь значительных успехов. Нередко, несмотря на известные положительные результаты, они переставали пользоваться зрением и возвращались к прежней жизни, в мир осязания.

Вскоре после операции благодаря врожденным детекторам прозревшие легко обнаруживают прямые линии, но решить, какая из них горизонтальная, а какая вертикальная, не могут. Легко замечая разницу между цветами, долго не могут запомнить, какой цвет считается красным, а какой – синим. С помощью детекторов они могут увидеть шар и круг, квадрат и куб, но не в состоянии отличить ни круг от шара, ни шар от куба, хотя отлично умеют это делать на ощупь.

Особенно трудно дается узнавание более сложных предметов. Описан больной, долго не умевший отличить петуха от лошади. В его мозгу неправильно сформировались различительные признаки. Путаницу внес

[В этом месте в скане пропущены две страницы. – Прим. Sclex'a и Hugger'a.]

только для головы животного, другая – еще и для лапок. При вращении одной из корзинок в ту же сторону начинала вращаться вторая, так что оба котенка все время видели одинаковые картины. Вращал корзинки котенок, лапки ко-

того касались пола. Зрение сформировалось только у него, пассивное животное, по существу, осталось слепым.

Простейшие изображения, линии определенного направления или углы человек узнает с помощью детекторов. Если испытуемому набор таких простых рисунков показывали на доли секунды, время поиска нужного изображения не зависело от общего их числа.

Иначе опознаются сложные рисунки. Даже когда человек был хорошо с ними знаком, ему требовалось тем больше времени на поиски, чем больше их одновременно показывали. Интересно, что ни размер изображения, ни сложность рисунков не удлиняли время поисков. Значит, время опознавания не зависит у человека от количества простых признаков, с помощью которых мы узнаем предмет. Хотя на их основе мы формулируем сложный признак.

Видимо, обработка простых признаков идет одновременно по разным каналам и друг другу не мешает. Поэтому нет никакой разницы в том, сколько простых признаков привлечено к образованию сложного. Испытуемому безразлично, разыскивать ли самый маленький кружок среди кружков различной величины или искать его среди кружков и квадратов. Время поиска от этого не изменится. Значит, эти операции – узнавание формы и величины – выполняются одновременно и не мешают друг другу.

Другое доказательство отдельной обработки простых признаков получено в опытах с фиксацией изображения

на сетчатке. Изображение, удерживаемое строго на одном участке, очень скоро перестанет вызывать возбуждение, и человек его не видит. Неподвижность изображения достигается тем, что раздражитель на присоске крепят к главному яблоку. Теперь при движении глаза изображение не смещается. Было отмечено, что первым всегда выпадает цветоощущение, а за ним – информация о форме. Значит, сообщения о цвете и форме передаются по разным каналам.

Одновременно рассматривать несколько сложных рисунков невозможно. Вначале предпринимается попытка рассматривать все сразу. Однако вскоре опознание сосредотачивается на одном рисунке. Лишь после того, как вероятность правильности опознания достигнет 70 процентов, начинается опознание второго, тоже до этого уровня и так далее. Каждое последующее изображение опознается чуточку быстрее предыдущего, так как начинается не с нуля. Все время, пока шло интенсивное опознание первого рисунка, мозг работал и над остальными, но в более медленном темпе.

Когда рисунок очень сложен, отдельные его части опознаются порознь, а затем формируется общая картина. Обычно мы этого не замечаем. Нам кажется, что мы видим все изображение сразу. Это один из обманов зрения. На самом деле мы последовательно переходим от детали к детали, и в тот момент, когда рассматривается только одна из его частей, все остальное, только что увиденное, выдает нам блок краткосрочной памяти. Разглядывая рисунок, мы не осозна-

ем, что в данный момент нами распознается, а что дополнительно нашей памятью.

Интересные результаты дает изучение зрительного восприятия у больных с различными повреждениями мозга. Удалось обнаружить участки, которые заведуют восприятием цвета, формы и местоположения в пространстве. Если разрушен один из них, возникает дефект восприятия.

Описаны больные с поражением определенных зон коры больших полушарий, у которых пострадало только цветоощущение. В задневисочной области найдены зоны, при поражении которых больной теряет способность узнавать предметы по внешнему виду. Ощупав их руками, он без труда скажет, что имеет дело с ложкой или балалайкой, а с помощью зрения сделать это не в состоянии. При поражении нижнетеменной области больной отлично узнает предметы, но затрудняется сказать, близко или далеко до них, что расположено выше, а что ниже, что дальше и что ближе и что куда движется.

Итак, образ не поточечное описание изображения. Спроецированное на многотысячных ансамблях сетчатки, оно становится образом на вершине многоэтажной пирамиды детекторов. Создание образа есть творческий процесс, связанный с явлениями памяти и обучения.

Искры из глаз

Иногда говорят: удар был так силен, что искры посыпались из глаз. Действительно, удар по лицу, подзатыльник и вообще удар по голове вызывает у пострадавшего зрительные ощущения: похоже, что хотя и не из глаз, но в непосредственной близости от них вылетает россыпь бенгальских огней. К сожалению, сторонний наблюдатель не в состоянии насладиться этим ослепительным зрелищем, а потерпевшему и вовсе не до того.



Аналогичный эффект можно вызвать и более деликатным способом, путем точечного раздражения электрическим током затылочных областей коры больших полушарий. Чело-

век, некоторое время находившийся в темноте, или больной, потерявший зрение, видит вспыхнувшую в черном бездонном небе одинокую звезду, световое пятно или реже небольшую светящуюся полосу. Описанное явление носит название фосфена. Выходит, что мозг может видеть, не прибегая к помощи глаз. Значит, можно сделать попытку вернуть зрение лицам, потерявшим его в результате болезни глаз.

В Западной Германии 15 лет назад слепому вживили в затылочную область мозга 4 стальные проволоочки. От 4 фотоэлементов на каждый электрод подавался электрический ток, усиливаемый специальным устройством. Водя вокруг себя батареейкой фотоэлементов, больной мог найти источник света: настольную лампу, зажженный карманный фонарик.

Четырех световоспринимающих элементов недостаточно, чтобы восполнить потерю глаз. Даже у мухи их неизмеримо больше. Человеческий глаз воспринимает зрительное изображение с помощью 7 миллионов колбочек и 130 миллионов палочек и передает в мозг по 900 тысячам нервных волокон.

В настоящее время искусственный глаз представляется следующим образом. Во-первых, нужна миниатюрная матрица световоспринимающих элементов и объектив, фокусирующий изображение. Во-вторых, – устройство, преобразующее оптическую информацию в электрический стимул. И наконец, в-третьих, – сложный, многоячеистый электрод, накладываемый на мозг для его раздражения.

Трудней всего создать среднее звено. Это должен быть крохотный, уместающийся под шляпой компьютер для преобразования информации фотоэлементов и подгонку ее под параметры мозга.

Геометрия раздражения мозга может не соответствовать геометрии возникающих ощущений. Машина должна разобраться в этом, держать в памяти сведения о местоположении фосфенов и преобразовывать соответствующим образом сигналы фотоэлементов.

Под разными электродами будут возникать фосфены неодинаковой яркости. Компьютер должен запомнить чувствительность каждого участка мозга и соответствующим образом регулировать раздражение, чтобы его яркость точно соответствовала яркости изображения.

Наконец, чтобы возник фосфен, нужно одиночные импульсы фотоэлементов многократно повторять с частотой до 100 раз в секунду.

На пути искусственного глаза стоят огромные трудности. На человеке нельзя экспериментировать, а у животного не спросишь, видит ли оно фосфен и каков он. У медиков нет уверенности, что постоянная стимуляция мозга окажется безвредной для человека, и никто из хирургов не решится надолго оставить толстый пучок электродов в мозгу больного.

В силу огромной сложности и значительного риска искусственный глаз опробован лишь дважды. В первом случае в

мозг ввели 80 электродов, из них 40 оказались способными вызывать фосфен. За 4 года из-за поломки большинство электродов перестали вызывать эффект, а оставшихся было недостаточно для моделирования зрения.

Вторым пациентом стал мужчина 60 лет, лишенный зрения на протяжении 30 лет. Ему вживили 75 электродов, 68 из них смогло работать. К сожалению, размер возникающих фосфенов был невелик. Они занимали в поле зрения площадь порядка 1 градуса. Для мозга не прошло бесследно длительное отсутствие зрительных впечатлений. С помощью искусственного глаза больной мог без труда опознавать простые зрительные изображения, однако, ощупывая рукой, он это делал быстрее.

Глазной протез позволял видеть только относительно крупные изображения, так как его разрешающая способность в 2 тысячи раз меньше человеческого глаза. Все-таки, хотя и подслеповатые, искусственные глаза смогут вернуть больному настоящее зрение, когда ученые сумеют вживлять в мозг раз в 100 больше электродов, чем было сделано в первых пробах. Проблема протезирования зрения кажется в настоящее время принципиально возможной.

Информация звуковых волн

Народная поговорка гласит: не каждому слуху верь. И не веришь! Мы живем в хаосе звуков, но на многие ли из них обращаем внимание?

Задача органа слуха – определить, что служит источником звуковых волн и какими свойствами он обладает: неподвижен ли, а если движется, то куда, с какой скоростью. Вся информация должна быть получена (можно сказать, высосана из пальца) путем анализа упругих волн, распространяющихся в воздухе, воде или в твердых телах (земле, древесине и т.д.).

Работа слухового анализатора человека не менее сложна, чем зрительного. Он обязан уметь оперативно разобраться в длинном потоке сложных звуковых колебаний, каким является наша обыденная речь. Животные также обладают довольно изощренным слухом. Малые африканские фламинго узнают по голосу своего ребятенка среди 50–100 тысяч таких же малышей, дожидаящихся возвращения родителей.

Когда на нашей планете зарождалась жизнь, не было источников звука, способных передвигаться быстрее, чем распространялись звуковые волны. В этом и состояла огромная ценность звуковой информации. Она давала возможность заблаговременно получить достоверные сведения о существах, находящихся еще далеко. Значительно раньше, чем

состоится личная встреча.

Периферический рецептор, воспринимающий звуковые волны, если описать его очень упрощенно (он расположен во внутреннем ухе), представляет собой миниатюрную арфу, с постепенно меняющейся длиной струн. Каждая струна отзывается, то есть начинает колебаться (и возбуждает соответствующую нервную клетку), лишь в ответ на звуковые волны определенной частоты в строгом соответствии со своей длиной.

У мозгового отдела слухового анализатора много общего со зрительным. На различных этажах мозга есть экранные структуры, в которых можно найти проекцию арфы – кохлеарного аппарата улитки. Поэтому высокие и низкие звуки анализируются в противоположных концах экрана. Только в коре каждого полушария не менее четырех проекций. На каждые 2 миллиметра проекции частота звуковых волн меняется на 1 октаву.

В слуховой системе долго не могли найти детекторов. Возможно, не то искали. Одним из первых был обнаружен детектор перемещения в пространстве. Он реагирует только на уменьшение интервала между звуками, приходящими в левое и правое ухо. Если мимо животного движется объект, производящий звуки, то пока он находится далеко слева, звуки в левое ухо приходят раньше, чем в правое. Постепенно этот интервал будет все короче и короче, пока звучащий объект не начнет удаляться вправо. Детектор, воспринима-

ющий увеличение интервала между звуками, пока не обнаружен.

Детекторов расстояния известно три. Они реагируют на изменение интенсивности звуков. Для одних нейронов безразлично, усиливаются звуки или ослабевают. Видимо, этот детектор сторожевой. Он сообщает мозгу, что где-то недалеко находится зверь, который перемещается в пространстве.

Его сигналы вызывают настораживание остальных детекторов расстояния. Часть из них отвечает только на усиление звуков, то есть реагирует на приближение другого существа и прекращает импульсацию, как только оно начнет удаляться и звуки станут ослабевать. Другие воспринимают удаление звучащего существа, отвечая усилением электрических разрядов лишь на ослабление звуков.

В коре больших полушарий были обнаружены нейроны, реагирующие только на тоны строго определенной частоты, и три типа нейронов, откликающиеся на звуки с меняющейся частотой. Два – при изменении частоты только в каком-то одном направлении (возрастание или уменьшение), третий – в любом случае, лишь бы частота менялась.

Весьма загадочна функция «нейронов внимания». Они реагируют на звуки только в том случае, если животное рассматривает звучащий предмет. Может быть, их участие необходимо, когда животное должно выяснить и запомнить, что представляет собой объект, издающий новый, незнакомый звук. Возможно, это нейроны-скептики, не считающие

достоверными и не обращающие внимания на те звуки, источник которых им неизвестен.

У насекомых детекторы звуков часто носят служебный характер, тотчас запуская специальные реакции животного (без предварительного обсуждения воспринятой информации мозгом). Так работает у ночных бабочек детектор обнаружения летучей мыши. Он воспринимает только ультразвуки. Если локационный луч охотящейся летучей мыши упрется в летящее насекомое, детекторы обнаружения, находящиеся в крыльях, мгновенно посылают команду мышцам, крылья складываются, и бабочка падает в траву.

Нелегко понять особенности звукового восприятия. Стрекотание сверчка – это приглашение самке явиться на свидание. Конечно, самец должен петь по правилам, чтобы самка узнала самца. От общения с иноплеменным потомства не будет.

Между тем песня некоторых сверчков весьма непостоянна. Иногда певец выдает длинные однообразные рулады, разделенные большими паузами: ч-ч-ч-ч-ч-ч – пауза, ч-ч-ч-ч-ч-ч – пауза. Длина рулад и пауз всегда постоянна. Иногда вместо сплошных рулад слышно несколько чирканий, разделенных паузой: чик-чик-чик-чик – пауза, чик-чик-чик-чик – пауза. Наконец, певец может просто долго-долго чиркать, не делая пауз: чик-чик-чик-чик-чик-чик-чик... На любую песню самка спешит к самцу. Что ее привлекает?

С помощью магнитофона исследователи записали все три

песни и проиграли их для самки по отдельности. Выяснилось, что сплошные чирканья оставляют самку совершенно равнодушной, зато песнь, разделенная паузами определенного размера, ее привлекала. Значит, размер паузы является удостоверением личности самца, подтверждающим принадлежность к определенному виду. Затем сравнили степень привлекательности сплошных рулад и состоящих из отдельных чирканий, разделенных одинаковыми паузами. Когда обе песни звучали одновременно, справа и слева, самки, не задумываясь, поворачивали в ту сторону, откуда неслись чирканья. Именно чирканья служат призывом к встрече. Оказалось, что сплошные рулады тоже привлекают самок, но только в том случае, если сначала была разделенная паузами песня. Значит, детектор, определяющий величину паузы, запускает работу второго.

Изучение звуковых реакций животных и детекторов, воспринимающих звуки, еще только начинается и сулит нам немало интересных находок.

Криминальная история

Чем должны пахнуть духи, толком никто не знает. Кроме духов «Нарцисс», «Красный мак», «Белая сирень», «Серебристый ландыш», которым парфюмеры стремились придать естественный запах, наша промышленность выпускает немало духов с удивительными названиями: «Белая ночь», «Красная Москва», «Кармен», «Лель», «Дон Жуан», когда-то продавались духи «Джамбул».

В обыденной жизни мы не замечаем, что постоянно пользуемся обонянием. Оно кажется лишним, необязательным и по сравнению со зрением, слухом и кожей чувствительностью не приносящим нам никакой пользы. Но случись у нас насморк, на несколько дней снизивший обоняние, и пища сразу делается невкусной. Еще страшнее посторонний запах, даже приятный. Прилейте в щи того же «Леля», или «Дон Жуана» и попробуйте их преодолеть.

В помещении, где царит неприятный запах, никакая пища в рот не пойдет. То же самое относится к вкусовым ощущениям. Большинство людей с трудом привыкают к пище, имеющей непривычный вкус. Обоняние и вкус, хотя и не относятся к ведущим человеческим анализаторам, держат нас под башмаком. Неприятный запах – сильнодействующее средство, одинаково нестерпимое и для человека, и для животных. Провинившихся собак я наказываю флаконом ду-

хов. Вполне достаточно показать его издалека. Сильнее наказания для собаки не бывает.



Есть животное, главное оружие которого нестерпимо отвратительный запах. Его обладатель скунс чувствует себя в полной безопасности. Медведь и ядовитая змея, человек и собака – все спешат уступить ему дорогу. Случись кому зазеваться – зверек поднимет хвост и прыснет зловонной гадостью. Пострадавший запомнит знакомство со скунсом на всю жизнь.

Обоняние и вкус – химические лаборатории организма. Их работа загадочна. Неизвестен даже принцип опознавания пахучих и вкусовых веществ. Ясно одно: восприятие запаха не связано с химическими превращениями молекул, так как оптические изомеры всегда пахнут одинаково.

Оптическими изомерами называются вещества, состоящие из одинаковых атомов, одинаковым образом соединенных, но расположенных зеркально друг к другу. Как порядок расположения пяти пальцев на пясти руки делает ее правой или левой, так и порядок присоединения четырех различных атомов к углероду делает молекулу правым или левым изомером. Изомерные молекулы химически во всем равны друг другу, одинаково хорошо участвуя в реакциях, пока дело не коснется такой же асимметричной молекулы. Исход встречи будет зависеть от того, одинакова или противоположна их конфигурация.

Все живые организмы синтезируют и используют лишь один какой-то изомер. Другой, непривычный, искусственно введенный в пищу, усваиваться не будет. Большинство органических веществ биологического происхождения, в том числе ферменты, являются оптическими изомерами и способны взаимодействовать только с одним из оптических изомеров. Поэтому, если бы обоняние было химическим процессом, только один из оптических изомеров обладал бы запахом. В лучшем случае запахи правого и левого изомеров резко различались. Между тем все опробованные пары оптических изомеров пахнут совершенно идентично. Значит, механизм обоняния иной.

Сравнительно недавно наиболее правильной считалась колебательная теория запаха. Ее сторонники предполагали, что колебания молекул пахучих веществ вызывают резонанс-

ные колебания в молекулах рецепторных клеток, возбуждая их.

Противники теории находили в ней немало слабых мест. Вещества могут резко отличаться по химическому составу и частоте колебаний, а запах иметь сходный. Если бы колебательная теория обоняния была бы верна, и мы и животные переставали бы ощущать запахи при температуре окружающего воздуха, равной температуре тела. На самом деле никакого ослабления обоняния в жаркую погоду не происходит.

В результате колебательных движений атомов и молекул или ритмических изменений формы молекул, несущих на себе электрические заряды, возникают электромагнитные волны. Появилось предположение, что именно их и воспринимает орган обоняния. В этом случае при достаточной чувствительности обонятельных рецепторов нет необходимости, чтобы сама молекула пахучего вещества попадала в обонятельную полость. Достаточно проникновения туда электромагнитных волн, для которых ткани носа не преграда. С помощью этой теории пытались объяснить способность насекомых улавливать запах на огромном расстоянии от источника пахучего вещества.

Электромагнитная теория несостоятельна. Ее возникновение – чистое недоразумение. Она противоречит физическим законам возникновения и распространения электромагнитных колебаний.

Большой популярностью пользуется теория замочной

скважины и ключа. Она предполагает, что запах вещества непосредственно не связан с химическими особенностями атомов, из которых состоят пахучие вещества, а зависит исключительно от размеров и формы молекулы, от распределения на ней электрических зарядов или особых функциональных групп. Ими могут быть гидроксильная – OH; альдегидная – $\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$; изотиоцианатная – N–C–S и др.

Подобно тому как все мыслимые оттенки цвета могут быть получены из семи основных цветов, так и запахи могут быть составлены из 7–14 первичных запахов: камфорного, мускусного, цветочного, мятного, эфирного, едкого и гнилостного.

Камфорным запахом обладают шаровидные молекулы с диаметром 7 ангстрем. Так как упаковка атомов в молекулах может иметь различную плотность, камфорным запахом обладают вещества с небольшим атомным весом, вроде гексахлорэтана, его формула C_2Cl_6 , и состоящие из 15–25 атомов вроде циклооктана – C_8H_{16} и дихлорэтиламида тиофосфорной кислоты – $\text{C}_2\text{H}_6\text{NCl}_2\text{SP}$. Сама камфора имеет формулу $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$.

Молекулы веществ с мускусным запахом имеют вид плоского диска диаметром 10 ангстрем. У молекул с цветочными запахами – дискообразная головка диаметром 9 ангстрем – с хвостиком толщиной около и длиной в 7–8 ангстрем, слегка поджатым, как у провинившейся собаки. Поэтому углуб-

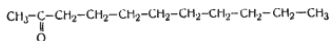
ление для хвостика должно быть значительнее, чем для головки.

Замочная скважина для веществ с эфирным запахом имеет продолговатую форму. Ее ширина всего 5, глубина 4, а длина достигает 17 ангстрем. Предполагается, что крупные молекулы, имеющие эфирный запах, полностью заполняют скважину, а маленькие укладываются туда по две.

Едкий и гнилостный запахи свойственны очень маленьким молекулам, имеющим положительный (едкие) и отрицательный (гнилостный) заряд. Ключи по форме и размеру должны соответствовать замочной скважине, слишком маленький ключ вывалится раньше, чем клетка почувствует его присутствие, а чересчур большой вообще в нее не попадет.

В молекуле пахучего вещества важно местонахождение заряда или функциональной группы. Они должны лечь точно на соответствующее устройство замочной скважины. От этого зависит запах.

Молекула, состоявшая из 11 атомов углерода, 22 атомов водорода и одного атома кислорода



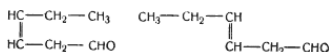
пахнет рутой (рута – травянистое или полукустарниковое растение, в диком виде растет в Крыму по каменистым склонам гор). Присмотревшись к ней, нетрудно заметить, что

10 атомов углерода, как богатыри дядьки Черномора, равны между собой и только один второй слева, к которому двойной валентной связью крепится кислород, выделяется из их стройного ряда. Этот углерод нетрудно переместить на третье, четвертое, пятое или шестое места. Что же при этом произойдет с запахом?

Оказывается, при перемещении группы СО к центру молекулы запах руты постепенно убывает и возникает фруктовый запах. Видимо, существуют разные замочные скважины для молекул с кислородом, находящимся в конце и в середине цепочки атомов.

Известно несколько веществ с общей для всех кольцеобразной формой молекулы и индивидуальным коротеньким хвостиком из различных атомов. Они имеют одинаковую конфигурацию, размер и обладают запахом миндаля. Замена в циклической части одного из атомов водорода соединением – ОСН₂ изменяет его запах на ванильный.

Молекулы многих веществ, строго сохраняя свое химическое строение, могут иметь различную конфигурацию. Две резко различные формы присущи молекулам, состоящим из 6 атомов углерода, 10 атомов водорода и одного атома кислорода. Упрощенно их можно передать следующим образом:



Их запах не имеет ничего общего.

Сложный запах может создаваться при одновременном действии нескольких различных молекул или благодаря тому, что молекула пахучего вещества действует одновременно разными своими частями на несколько рецептивных участков чувствительной клетки. Крупные молекулы могут одновременно дотягиваться до двух замочных скважин. Мелкие занимают первую попавшуюся.

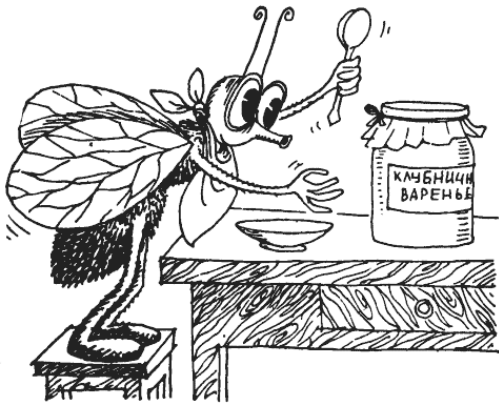
Вещества с простым запахом, сколько их ни разбавляй, запах не меняют. Иначе ведут себя вещества со сложными запахами. Очень концентрированные и очень разведенные растворы могут пахнуть по-разному. Концентрированная смесь веществ, из которой готовят духи «Белая сирень», имеет запах, неприятный для человека, и совершенно не напоминает сирень. Объясняется это явление просто. Пахучие вещества обычно содержатся в весьма различных концентрациях. При сильном разведении запахи одних веществ раньше перестают восприниматься, тогда как других будет еще достаточно для того, чтобы пахнуть.

Эта теория хорошо объясняет большинство особенностей обоняния. Например, привыкание к запахам. Вероятно, чувствительная клетка возбуждается только в момент введения ключа в замочную скважину, а затем быстро успокаивается. Поэтому мы ощущаем запахи только в момент первого соприкосновения с пахучими веществами или когда запах усиливается.

Гамма вкусовых ощущений также создается путем сочетания простых компонентов. Их гораздо меньше, чем обонятельных. Для человека называют 4: сладкое, соленое, кислое, горькое. Есть животные, способные почувствовать вкус только одного-двух элементов.

У синей мухи вкусовые рецепторы находятся на покрытом волосками хоботке. В основании каждого волоска три чувствительные клетки. Удалось выяснить, что две из них анализируют вкус, третья служит осязательным рецептором. В микроскоп видно, что одна из обонятельных клеток похожа на букву S, другая имеет форму запятой. Надев на волосок тончайшую капиллярную трубочку, заполненную исследуемым веществом, и отводя биопотенциалы от нервных волокон, ученые подслушали, какие сообщения посылают рецепторы крохотному мушиному мозгу. Оказалось, что S-образная клетка реагирует только на сахар, а вторая – на такие вещества, как соль, кислоты, алкоголь, но ни при каких условиях не отвечает на сахар.

Сахарные рецепторы всех волосков хоботка посылают сигналы в пищевой центр и запускают его работу. Синяя муха питается сахарами. Остальные вещества, возбуждая второй вкусовой рецептор, затормаживают пищевой центр. Что попало муха есть не будет.



Вкусовые рецепторы мухи реагируют не на химическую природу, а на размер и форму молекул. Такое предположение позволили сделать специальные опыты. Синюю муху кормили четыремя различными веществами, состоящими из одних и тех же атомов, но соединенных по-разному. Запятыяобразный рецептор возбуждался тремя из этих веществ, S-образный – четвертым.

Вкус позвоночных, возможно, действует по химическому способу. Ученые исследовали белки участка языка коровы, который более всего чувствителен к сладкому. Они обнаружили особый белок, легко взаимодействующий и с естественным, и с синтетическим сахаром – с молекулами, обладающими сходными структурами. Специальная комиссия дегустаторов определила, какой состав является более сладким. Выяснилось, что чем сильнее химическая связь между

белком и сахаром, тем слаще это вещество казалось дегустаторам! Позже ученые выделили из области вкусовых бугорков языка коровы еще один белок. Он взаимодействует с молекулами, определяющими горький вкус.

Вкусовые белки имеют разный электрический заряд: у молекул «сладкого» он положительный, молекулы «горького» – электрически нейтральны.

Вкусовая и обонятельная чувствительность человека и животных неодинакова. Для лосей, зайцев, бобров кора молодых осин – непревзойденное лакомство, а для человека она нестерпимо горька. Собака обладает утонченным обонянием, позволяющим ей по следам находить дичь, отыскивать преступников. А многие ли из нас по запаху отличат своего сынишку от 5–6 его сверстников?

Различия зависят от общего количества чувствительных клеток и разнообразия приемных устройств. 7–14 типов приемников человека, если их рационально использовать, будут достаточно эффективны. Обонятельно одаренные люди узнают больше 10 тысяч запахов. Можно теоретически подсчитать, что 16384 запаха могут быть идентифицированы с помощью всего 14 типов воспринимающих устройств. Кролик, вероятно, располагает 24 типами приемных устройств, а собака – 25–35. Нет никакой уверенности, что все 24 кроличьих индикатора есть у собаки. Ведь растительные запахи ее не интересуют.

Количество обонятельных клеток определяет чувстви-

тельность нашего носа. У людей площадь стенок обонятельной полости равна пяти квадратным сантиметрам, на которых расположено около 6 миллионов чувствительных клеток. У собак она достигает 100 квадратных сантиметров и содержит около 220 миллионов чувствительных клеток. В 35 раз больше. В результате нос собаки в миллион раз чувствительнее человеческого.

Человек ощущает запах, если на каждую обонятельную клетку будет приходиться не меньше восьми молекул пахучего вещества. Только тогда рецепторные клетки начнут посылать информацию в мозг. Мозг же ощутит запах, если получит сообщения не менее чем от 40 воспринимающих клеток.

Мизерные обонятельные способности современного горожанина отчасти объясняются плохой тренированностью нашего носа. Пигмеи африканских джунглей во время охоты широко пользуются им. Среди промысловых охотников Сибири попадаются люди, способные в кромешной темноте свободно ходить по лесу. Обоняние помогает ощущать запах древесных стволов и не наткнуться на них в потемках. Слепые от рождения обычно обладают утонченным обонянием, отчасти компенсирующим отсутствие зрения.

Сейчас химические анализаторы изучаются во многих лабораториях и поток новых сведений быстро нарастает. Чтобы до конца раскрыть тайну нашего обоняния и вкуса, требуются опытные детективы.

Добчинский и Бобчинский



Чтоб собеседник нашу мысль постиг

В конце июля 1963 года в Москве отшумел Всемирный кинофестиваль. Гости нашей страны возвращались к себе домой. Когда на Белорусском вокзале прозвучал последний звонок и скорый поезд Москва – Париж, медленно набирая скорость, пополз вдоль перрона, известная аргентинская актриса Лолита Торрес сделала рукой несколько прощальных взмахов. Ее рука двигалась справа налево, справа налево. Этот жест миллионы советских людей увидели на голубых экранах телевизоров в выпусках кинохроники.

Мимолетный, крохотный, совершенно неприметный эпизод обратил на себя почти всеобщее внимание.

– Как странно она прощалась! – удивлялись одни.

– Мода, – пытались объяснить им другие.

За границей никто не заметил этот эпизод. Там на него

не обратили внимания. Дело в том, что прощальный жест неуниверсален. Способ махания рукой при прощании от себя вперед – типичен для России, а для Франции – из стороны в сторону. Язык жестов – самый универсальный из всех человеческих языков, к которому прибегают всякий раз, когда звуковая речь не может быть средством общения, и тот носит явный национальный характер, который, кстати сказать, мы сами чаще всего не замечаем.

Человеческие языки чрезвычайно разнообразны. В настоящее время насчитывается свыше 2500 языков. Некоторые из них исчезают. На водском языке говорят всего 50 человек. Все 50 водей живут в Ленинградской области. Большинство языков продолжает развиваться и может иметь по несколько десятков диалектов.

Перевод связан со многими трудностями. Далеко не все слова одного языка имеют аналог в другом. Бесполезно просить аборигена центральных районов Новой Гвинеи, никогда не встречавшегося с людьми более высокой цивилизации, зашнуровать ботинок. Человек, ничего не знающий о существовании обуви, не поймет нашей просьбы. Бушмены из Калахари или папуасы Австралии вряд ли воспримут фразу: «Насыпь кофе в кофейник и плотно закрой крышку». В их языках нет слов «кофе», «кофейник», «крышка». В полусинтетическом языке, который служит средством общения на бескрайних просторах Океании, нет слова «зажигалка» – приходится говорить «бензиновые спички». Нет слова «ро-

аль» – говорят «черный ящик, по которому нужно ударять пальцами, чтобы получилась музыка».

В европейских языках также нет многих понятий. У эскимосов много слов для обозначения различного состояния снега. Понятна причина такой утонченности, но поди попробуй переведи. Жители Восточной Африки масаи обозначают корову двадцатью словами, в зависимости от возраста, масти, формы рогов, от того, кому она принадлежит. Для масаи скот – главное в жизни. От количества коров зависит благосостояние племени, в том числе его военная мощь. Даже само название народа – масаи означает «крупный скот». Необходимость большого количества понятий вполне объяснима, но перевод коровьих названий в произведениях художественной литературы труден!

Языковые барьеры существуют и для людей, пользующихся одним языком, но живущих в разные эпохи. Фразу «Василий построил дом» в эпоху Петра I поняли бы в буквальном смысле, как сообщение о том, что домовитый мужик рубил лес, обтесывал бревна, подгонял их одно к другому, накрыл сруб крышей, навесил окна, двери и соорудил крылечко. В наши дни эта фраза вызывает представление скорее о работе архитектора или людей совсем иных строительных профессий.

Иногда бывает трудно понять друг друга людям, говорящим на одном языке, живущим в одном городе и имеющим достаточное образование, чтобы использовать общеприня-

тую литературную форму речи. Известный египтолог академик Струве в молодости занимался изучением надписей на пьедесталах сфинксов, установленных в Петербурге на набережной Невы. В те годы фотография только начинала развиваться, но потребность в ней уже была велика. Молодому исследователю показалось заманчивым вместо рисунков, которые могли содержать известные искажения, иметь фотокопии иероглифов.

Чтобы получить фотоснимки, Струве обратился за содействием к петербургскому градоначальнику. Он писал: «Прошу снять сфинксов, на набережной Невы у Академии художеств для научной работы». На что незамедлительно получил ответ: «Снять фигуры с пьедестала очень трудно. Вероятно, легче поставить леса и изучить сии творения Древнего Египта с них?»



С подобным положением каждый сталкивался не раз. От понимания слов и знания грамматики до способности понять мысль, выраженную с помощью речи, огромный путь, и не все его участки нам хорошо известны.

Сорока на хвосте принесла

Как давно возникла речь? Были ли у нее предшественники? Кто был тот Добчинский или Бобчинский, кто первым сказал осмысленно «Ээ!»?

Современные лингвисты считают, что поведение животных основывается на знаковости, управляется ею и эти явления обозначают как «язык слабой степени». Большинство слов «животного языка» понятно им от рождения. Самец бабочки перламутровки начинает свой брачный танец при виде самки. Но узнает он ее не по размеру, не по рисунку на крыльях, а главным образом по особенностям порхания. Самец рыбки колюшки узнает самку по раздутому икрою брюшку. Особенность полета и форма брюшка являются «словами» – сигналами, вызывающими определенные реакции у того, кому предназначены.

Во врожденной программе поведения животных предусмотрены способы использования этих сигналов. Самка колюшки, подплывая к самцу, демонстрирует ему свое раздувшееся брюшко. Серебристая чайка, когда собирается кормить птенцов, опускает клюв: только опущенный клюв может явиться для птенца сигналом к началу обеда.

Природа не поскупилась на выдумку. Каких только знаковых систем не существует на свете!

На островах Индийского океана живут крохотные, разме-

ром с трехкопеечную монету крабы-скрипачи. Самцы одеты в бирюзово-красные рубашки, а самочки носят более скромное светло-коричневое платье. У самцов одна из клешней маленькая и служит лишь для того, чтобы отправлять в рот комочки пищи, а другая огромная, почти с самого краба. Малютки любят путешествовать по обнаженному отливом илистому дну прибрежных мангровых лесов. Разгуливая по жидкой грязи, крабы непрерывно машут огромной клешней вверх-вниз, вверх-вниз, как бы вода смычком по воображаемой скрипке. Отсюда и название.

Скрипач относится к многочисленному семейству манящих крабов. Все они взмахами клешней умеют подзывать самку, делая такой радушный призывный жест, что смысл его не вызывает никаких сомнений.

На первый взгляд кажется, что краб машет клешней непрерывно. На самом деле он приподнимается на лапках и начинает слать призывы, только когда видит самку. Если настойчивость нарядного кавалера не пропала даром и ему удалось пленить своей грацией подругу, она бросается ему навстречу и при этом открывает и закрывает свои маленькие изящные клешни.

Жесты самца на самом деле имеют двоякий смысл. Призыв обращен только к самочке. Остальные самцы понимают его так: «Территория занята, к моему дому не подходи, вздую». И действительно, если какой-нибудь нахальный краб приблизится к чужой норке, между самцами возникает

жестокая драка. Соперники сцепляются своими большими клешнями, стараясь оторвать друг друга от грунта и отбросить как можно дальше, тогда счастливый победитель пускается отплясывать веселого гопака.

Если самочке случается увидеть двух дерущихся самцов, она не пройдет мимо, обязательно дождется исхода битвы и непременно согласится стать супругой отчаянного драчуна и танцора. Может ли быть иначе? Ведь танец победителя – это длинная пламенная речь.

У животных, живущих сообществами, для внутривидовой сигнализации используются системы связи, передающие еще более абстрактные понятия. К ним относятся знаменитые танцы пчел, многие виды взаимной сигнализации муравьев и термитов.

Наиболее развитым языком жестов обладают пчелы. Вернувшись в улей, сборщица меда рассказывает своим подругам, где и что она нашла. Если цветущие растения находятся недалеко, сборщица танцует простой круговой танец. Подруги, пристроившись к ней сзади, повторяют ее движения и, исполнив два-три па танца, то есть повторив «вслух» полученные указания, отправляются на сбор нектара.

Когда цветущие растения находятся далеко от улья, то пчела дает более детальные указания, сообщая о направлении, по которому следует лететь. В этом случае она танцует виляющий танец – восьмерку. Если сборщица исполняет его на прилётной доске у входа в улей, то средняя прямая часть

восьмерки составляет с солнцем угол, под которым следует лететь, чтобы найти корм.

Чаще танцы происходят в темноте внутри улья, на вертикально расположенных сотах. На схеме полета к цветущим растениям, нарисованного фигурами танца, условно принято (и все сборщицы это знают), что место солнца на верху сота. Если, танцуя, пчела пробегает прямую линию восьмерки вверх, нужно лететь по направлению к солнцу, если вниз – от солнца, а если под углом к воображаемой вертикальной линии, следует лететь за кормом под таким же углом к солнцу.

Чтобы привлечь внимание к прямому отрезку восьмерки, танцовщица, пробегая его, виляет брюшком и издает особый звук. Виляющий танец дает пчелам указание и о том, как далеко расположен корм. Если за 15 секунд танца пчела делает 10 прямолинейных пробегов, до корма 500 метров, если шесть – один километр, если один – больше 10. А о том, что нашла сборщица, рассказать еще легче. Просто она дает попробовать подругам собранный нектар или пыльцу.

Часто животные пользуются мимикой. Она ничуть не беднее, чем у нас. Вспомните хотя бы гримасниц-мартышек. Мимика выразительна и всем понятна. Совершенно ясно, что слегка оскаленные зубы собаки означают: «Не подходи, укушу!»

Наша мимика нередко сопровождается цветовыми эффектами. Лицо покрывает невольный румянец. Мы можем густо покраснеть или внезапно побледнеть.

В этом отношении животные нас перещегооляли. Рассерженный хамелеон в считанные секунды из зеленого пере-красится в черный цвет, как бы предупреждая обидчика, что тому ничего хорошего ожидать не приходится. Зато при встрече с самочкой устраивается настоящая иллюминация. Быстро-быстро меняя цвета, становясь то желтым, то красным, то фиолетовым, хамелеон как бы говорит своей подружке: «Смотри, какой я красивый и добрый, иди ко мне, не бойся!»

Особенные виртуозы по части цветового языка – экзотические бойцовые рыбки. Когда хозяин аквариума согревает воду до 24–26 градусов, самец, построив где-нибудь в уголке уютный дом из крохотных пузырьков, отправляется на поиски подруги. Его тело светится и переливается всеми цветами радуги, как бы загораясь изнутри. Это целая поэма. Это признание в любви. И хотя отдельные слова непонятны, переводчик не нужен. Смысл поэмы предельно ясен.

Язык красок требует яркого света. Животных, предпочитающих сумерки, природа снабдила фонариками. Жаль, что большинство из них жители жарких, тропических стран или обитатели морей и океанов. Только один живой уголек подарила природа северным лесам.

Летом с наступлением сумерек на полянах, по обочинам дороги и в лесной чащобе загораются веселые зеленоватые огоньки, придающие особое очарование ночному лесу. Светится самочка небольшого насекомого – ивановского чер-

вячка.

Вся она буро-коричневая, за исключением нижней стороны трех последних члеников брюшка. Эти членики белые. Здесь и находится фонарик. Как только лес окутает сумрак ночи, она поспешно выбирается из своего укрытия, залезает на высокий стебелек и зажигает свет. К ней устремляются самцы. Они значительно меньше самок и хорошо летают. Сверху им отлично слышен призыв – простите, виден фонарик, – и они спешат на зов.

У ивановского червячка всего одно слово. Тропическим светлячкам пришлось усовершенствовать язык. У них снабжены фонариками и самец и самочка. Отправляясь на розыск подруги, самец начинает мигать своим фонариком, как бы спрашивая: «Где ты? Где ты?» Заметив сигнал самца, самочка через строго определенное время мигает ему в ответ. У каждого вида светлячков свой интервал между сигналом самца и самки. Вспышка света, которую посылает самка, означает: «Я здесь!» Интервал между вопросом и ответом – ее имя, или, вернее, название вида, к которому она принадлежит.



Еще шире распространен язык запахов. Пахучие вещества вырабатываются специальными железами. У антилоп и оленей они находятся около глаз, у индийских слонов – впереди уха, у хищников около вибрисс – толстых осязательных

волос, у козлов и серн – за рогами, у верблюдов – на шее, у шимпанзе и горилл – под мышками, у даманов – на спине, на подошвах – у соболя, около хвоста – у лисиц и на бедре – у самцов утконоса.

Огромное преимущество языка запахов в том, что его можно использовать и для живой разговорной речи, и для письменных сообщений. Потрется олень мордой о ствол дерева, и на много дней останется висеть объявление, извещающее, что здесь проходят границы владений писавшего. С помощью пахучих меток термиты вывешивают указатели на своих дорогах, чтобы, возвращаясь домой, не сбиться с пути.

Если огненный муравей нашел много пищи, он на обратном пути время от времени прикасается жалом к земле, оставляя пунктирный пахучий след, по которому его товарищи могут найти это место. Чтобы из-за подобных указателей не возникала путаница, записки муравья сохраняются всего 100 секунд. За это время муравей может проползти 40 сантиметров, но, если пищи найдено много, вдоль тропинки движутся толпы сборщиков, все время обновляющие указатели.

Муравьи, живущие в пустынях, и пчелы, посещающие цветы, лишенные запаха, выделяют пахучие вещества прямо в воздух. Над их дорогами постоянно висит аромат, как над оживленными улицами современных городов облачка выхлопных газов автомашин.

Каждая семья общественных насекомых, пчел, муравьев

или термитов имеет свойственный только ей запах. Он для членов семьи заменяет удостоверение личности. Если муравей или пчела долго странствовали, общались с представителями других семей и «подцепили» чужой запах, домой их не пустят.

Самец сумчатой летяги метит самку своим запахом, вырабатываемым железой, расположенной на лбу. Метка используется вместо обручального кольца, она же новая фамилия по мужу.

С помощью запаха пчелы передают сигнал тревоги. Жалю врага, пчела вместе с ядом выделяет и особое пахучее вещество, как бы взывая о помощи. Вытащить жало назад она не может, оно имеет 12 зубчиков, направленных остриями назад, и обрывается вместе со всеми железами, распространяя запах, сходный с банановым маслом. Оставшееся в теле врага жало, как портативный радиопередатчик, непрерывно шлет в эфир призыв о помощи. Теперь врагу не скрыться. «Услышав» сигнал тревоги, пчелы устремляются на помощь, стараясь ужалить как можно ближе к источнику запаха. Радиопередатчик работает 10 минут.

Кочевые муравьи Америки эцитоны то живут оседло, то отправляются в двух-трехнедельный поход. С наступлением ночи они выстраиваются в колонны – и, забрав весь скарб, личинок и куколок, трогаются в путь.

Сигнал к сборам, как ни странно, подают дети. Личинки, подрастая, начинают выделять особое вещество. Его слизи-

вают ухаживающие за ними муравьиные няньки и передают остальным членам семьи. Оно, как сигнал горна, играющего «поход», взбудораживает всю семью. Муравьи хватают в челюсти личинок и начинают марш.

Но вот прошло 18–19 дней, личинки выросли, приступили к окукливанию и больше не выделяют «вещества странствий», муравьи успокаиваются, делают остановку и живут оседло, до тех пор пока из отложенных маткой яичек не выведется и не подрастет новое поколение.

Ученые подсчитали, что муравьиной семье достаточно 10 этофионов. Различные их сочетания дают возможность «обсуждать» любые муравьиные проблемы. В пчелиной семье единовластно царствует матка. Ее приказы, так называемое маточное вещество, вырабатываются челюстными железами. Рабочие пчелы слизывают с тела матки «приказы» и, передавая друг другу, доводят до сведения всей многотысячной пчелиной семьи.

Если матку, не удаляя из улья, поместить в крохотную клеточку так, чтоб рабочие пчелы не могли до нее дотянуться и достать маточное вещество, они приходят в сильное беспокойство. На сотах перестраивают и расширяют некоторые ячейки. Когда из находящихся там яиц вылупятся личинки, их выкармливают одним «маточным молочком», которое раньше согласно распоряжениям матки никому не разрешалось давать дольше двух первых дней жизни. Из этих личинок вырастут новые матки.

Звуковой язык позволяет собеседникам переговариваться, находясь далеко друг от друга. Звуки могут служить сигналами сбора, опасности, оповещать о находке пищи, ими призывают подруг.

На что уж куры глупые птицы, но даже в их языке ученые обнаружили около тридцати слов. Даже сигналов, извещающих об опасности, несколько. По сигналу наземной тревоги, круто нарастающему звуку, куры бросаются наутек в противоположную сторону от источника звука. Сигнал воздушной тревоги – медленно нарастающий звук, он не содержит указаний, куда бежать. Остается только замереть на месте в надежде, что тебя не заметят, или юркнуть в ближайшее убежище.

Очень богат язык галок. Звук, который точнее всего можно имитировать как «кья», означает «летите за мной», а «ки-аев» – «летите за мной к дому». Взрослые птицы используют звуки при обучении молодых. Юные галчата не знают, кого следует бояться. Родители при появлении опасного хищника оповещают их своеобразным скрежещущим криком. Одного урока достаточно, чтобы галка запомнила, как выглядит враг.

Грачи в период размножения используют более 12 сигналов, которые зимой не употребляются. Самые важные сигналы узнаются птицами очень хорошо. Если магнитную пленку с записью голосов грачей пустить в обратном направлении, сигнал бедствия будет понят почти так же хорошо, как нор-

мальный.

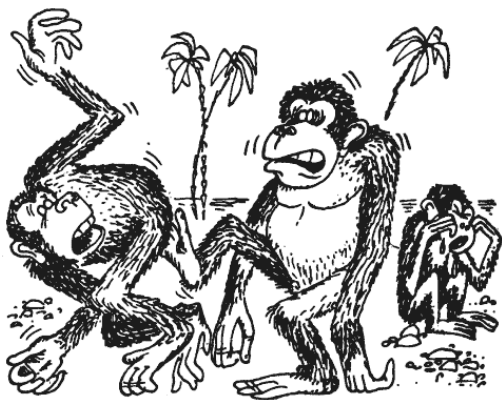
Птицы, относящиеся к разным видам, но постоянно сталкивающиеся друг с другом, способны осваивать «иностранные языки». Вороны атлантического побережья Европы отлично реагируют на сигнал бедствия большой чайки. Грачи и галки, обычно объединяющиеся в общие стаи, хорошо понимают друг друга.

Павианы гамадрилы обмениваются мыслями с помощью 18 сигнальных звуков. Значение некоторых расшифровано. «Ак, ак, ак» – сигнал опасности. Любой член стада, увидев врага, издает этот звук. Услышав предостережение, все обезьяны поворачиваются в сторону опасности и повторяют сигнал. Вожак и другие самцы выдвигаются вперед и в интервалах между выкриками производят угрожающий жест, шаркая по земле передней лапой. Одиночный выкрик с более резким основным тоном – сигнал крайней опасности, и все стадо бросается наутек.

Когда малыш отстает от стада, от него к матери и обратно несутся призывы «ау, ау, ау». Нетрудно понять их смысл. И ситуация, и характер звуков очень напоминают поведение компании людей, рассыпавшейся по лесу в поисках грибов. Различие только в том, что гамадрилы делают ударение на первом звуке – «а́у», тогда как мы ставим ударение на втором – «ау́». В отличие от сигнала опасности «ак, ак, ак», который следует пачкой, призывные звуки «ау... ау» подаются с более длинными паузами, во время которых можно услы-

шать ответ.

Если кто-нибудь из членов стада вздует малыша или задаст трепку другой обезьяне, потерпевший оглашает окрестности пронзительным «иии», прося защиты у вожака. Тот обычно вмешивается, и теперь уже визжит обидчик, но ему на помощь никто не придет. Вожак – хозяин в стаде.



Обезьяны, которые между собой дружат, обмениваются тихим, с придыханием звуком «хон». Это призыв посидеть в обнимку, тесно прижавшись друг к другу, поискать друг у друга в шерстке, короче – желание сделать что-то приятное своему ближнему.

У обезьян капуцинов обнаружено восемь слов: ориентировочный («иккрх»), призывный, приветственный, короткий пищевой, длинный пищевой; оборонительный, угрозы

и агрессии. Обезьяны пытаются говорить на своем языке и с другими существами. Свой призыв протяжное повторение звука «у» капуцины адресуют знакомым людям. Обезьяна по утрам приветственным криком встречает своего хозяина, а иногда с помощью пищевых сигналов пригласит его совместно отобедать. Сигналы угрозы и агрессии адресуются всем без исключения существам.

Мелодичные, чарующие песни птиц – это их речь, и смысл ее прозаичен. Даже песня соловья – всего лишь заявление о том, что территория занята и на нее вторгаться не следует. Вот было бы приятно, если бы все запреты звучали столь же мило! Иногда птичьи объявления предназначаются определенному соседу. В этом случае черный дрозд колена своей песни максимально подгоняет под песню соседа, и тот, если не очень глуп, безусловно, догадается, что обращение адресуется именно ему.

В языке наших обычных прудовых лягушек шесть слов-криков: один из них связан с размножением, два – с охраной территории и один – тревоги. У многих лягушек есть сигнал бедствия, но у слушательниц он почему-то никаких эмоций не вызывает. Зато сигнал агрессии их сильно возбуждает. Компания озерных лягушек не обратит внимания на проплывающую мимо игрушечную лодочку. Но, если в этот момент раздается знаменитое «бре-ке-ке-ке», все разом бросятся на нее и будут топить, а затем затеют драку и между собой.

Монотонное пение лягушек – это чаще всего призывно-опознавательный сигнал самцов. Самцы и самки амфибий по внешнему виду ничем существенно друг от друга не отличаются. Песня – их визитная карточка. В ней указан вид, к которому принадлежит певец, и содержится свидетельство о том, что он мужчина.

Подобные визитные карточки имеют многие животные.

Надсадный писк комара, от которого невольно замираешь, ожидая укуса, вовсе не предупреждение нам – «иду на вы», какое посылал своим врагам киевский князь Ярослав Мудрый, собираясь на них напасть. Писк возникает от движения крыльев, и, видимо, иногда комар и рад бы замолчать, да не может. По характерному для каждого вида писку, зависящему от частоты движения крыльев, они узнают своих подруг. Иногда звуки животных – единственная черта, по которой один вид можно отличить от другого. Знатоки птиц без ошибки скажут, к какому виду относится поющая пеночка, и, пожалуй, затруднятся определить, если птица попадет им в руки. Такое значительное различие голосов имеет глубокий смысл: звуковые сигналы помогают им без ошибки узнавать друг друга. Смешанных браков не бывает.

Очень важно овладеть языком животных. Это наиболее простой и надежный способ управлять их поведением. Грачи в Западной Европе размножились настолько, что временами наносят сельскому хозяйству существенный урон. Назрела необходимость искусственно регулировать их численность.

Как это сделать?

Оказалось, что борьбу с птицами можно вести без больших затрат. Трансляция через мощные динамики каждые полчаса всего по две минуты сигнала бедствия приводит к тому, что грачи бросают гнезда и покидают опасный район, яйца гибнут, а новых гнезд птицы больше строить не будут. Запугивание птиц, начатое чуть раньше, приводит лишь к тому, что они бросают готовые гнезда и строят новые. После вылупления первого птенца, хотя сигнал бедствия по-прежнему вызывает страх, своего ребенка грачи не бросят.

На берегах Англии находят приют несметные полчища чаек. Они держат авиаторов в постоянном страхе. Занимая огромными стаями взлетные полосы аэродромов, чайки становятся причиной серьезных аварий. От чаек не удавалось избавиться, пока не догадались записать на магнитную пленку сигнал опасности. Теперь над аэродромами из динамиков время от времени раздается команда птицам освободить летное поле, и испуганные чайки в страхе разлетаются.

Борьба с насекомыми с помощью химических веществ приносит больше вреда, чем пользы, так как заодно с вредителями уничтожаются и все полезные. Гораздо эффективнее биологические методы борьбы. В Северной Америке большой вред лесам приносят гусеницы непарного шелкопряда. В период размножения бабочка этого вредителя оповещает самцов о своем присутствии, рассылая по ветру пахучие визитные карточки. Почувствовав запах, самцы летят на сви-

данье.

Ученым удалось выяснить, что это за вещество, и синтезировать его. Теперь ежегодно вывешиваются сотни тысяч дешевых бумажных ловушек, цилиндров, смазанных внутри специальным клеем, в который добавляется пахучее вещество. К ловушкам со всех сторон устремляются самцы и гибнут, приклеившись к их стенкам.

Несмотря на неожиданное богатство языка животных, это язык второго сорта. Все «слова» звериного языка передаются по наследству, а не выучиваются, как приходится делать человеческим детям. Сигналы, которыми обмениваются животные, служат лишь для выражения эмоций. Когда курица испуганно кричит, увидев падающего с неба коршуна, это вовсе не означает, что она хочет оповестить своих подружек о грозящей опасности. Крик у нее вырвался так же произвольно, как вскрикиваем мы, случайно притронувшись к горячему утюгу. В этом случае ни у человека, ни у курицы нет нужды в слушателях.

Ау, Аэлита!

Человек – единственное существо на нашей планете, обладающее настоящим языком. Появление речи дало людям огромные преимущества перед животными. Она позволила использовать новый принцип обработки информации, став основой абстрактного мышления. Речь дает возможность передавать любую информацию от одного человека к другому, а появление письменности – ее консервировать, сохраняя для отдаленных потомков накопленные знания.

Человеческий язык формировался, совершенствуясь, стихийно. Несмотря на это, языки развитых народов достаточно совершенны. Одно плохо – 2500 языков для нашей маленькой планеты многовато. Время от времени делались попытки создания международного языка типа эсперанто и идо. Ни один из них не завоевал всеобщее признание.

Особенно необходим международный язык ученым. В Европе на протяжении многих столетий использовалась латынь. Мертвый язык, на котором не говорил ни один народ, постепенно терял свое значение. Только в медицине да в некоторых областях биологии и поныне используется словарный запас латинского языка.

Труднее всего было мириться с отсутствием международного языка представителям точных наук. Еще в XVII веке знаменитый немецкий философ-математик Лейбниц упор-

но пропагандировал необходимость универсального философского языка. Тогда это было неосуществимо. Только в XIX веке, после создания математической логики, большой коллектив итальянских математиков, работавших под руководством Г. Пеано, попытался создать на ее основе символический язык для изложения всей остальной математики. Он оказался недостаточно гибким, и математики по-прежнему пишут научные сообщения на своих родных языках, а язык математической логики используется только как орудие исследования математических закономерностей. В последние годы вновь резко возросла потребность в искусственном языке, достаточно простом, чтобы им можно было овладеть, не прибегая к помощи какого-либо естественного языка. Не за горами тот день, когда мы в просторах вселенной нащупаем достаточно развитую цивилизацию и будем пытаться установить с ней контакт. Тогда нам потребуется язык, которому легко было бы научить внеземлян.

Создать такой язык в 1960 году попытался крупный голландский математик Г. Фрейденталь. Он назвал его «линкос», – составив это слово из начальных букв латинского выражения «*lingua cosmica*», что в переводе значит «язык космоса».

Обучение линкосу должно начинаться с изучения языка элементарной математики. Для удобства этот процесс можно разбить на отдельные короткие уроки.

Урок первый: $\dots < \dots; \cdot < \dots; \dots < \dots$; что должно означать: два

меньше трех, один меньше двух, три меньше четырех и т.д.

Урок второй: $\dots > \dots$; $\dots > \dots$; $\dots > \dots$.

Перевод, вероятно, уже понятен: три больше двух, четыре больше трех, пять больше двух.

Затем идет знакомство с понятием равенства, сложения и вычитания: два равно двум, один плюс два равняется трем, три минус один равняется двум. Следующий цикл посвящается натуральным числам, записанным по двоичной системе, после чего уже нетрудно перейти к логическим построениям: «и», «или», «если... то...»

$$a > 100 \quad a > 10$$

Если a больше четырех, то a больше двух (в двоичной системе: $1 = 1$, $2 = 10$, $3 = 11$, $4 = 100$).

Большую трудность представляют вопросительные предложения. Г. Фрейденталь предлагает такой вариант: для какого x , $x + 2$ будет равняться семи? Если $x + 2 = 7$, то $x = 5$.

Подобным же образом вводятся абстракции (множество), указательные местоимения (тот... который...), временные и пространственные представления (продолжительность, секунда, перед, после и т.д.).



Этого достаточно, чтобы изложить алгебраические понятия. Значительно сложнее перейти от них к языку, позволяющему передать сведения о жизни и социальном устройстве нашей планеты. Знакомство с «гуманитарной» частью лин-

коса предполагается осуществлять путем передачи диалогов между людьми Н (Ното – человек). Каждый из разговаривающих получает индивидуальное имя: На, Нв, ... Нп. Кроме того, вводится глагол «говорить» Inq (inqnit – говорить). В первую очередь диалоги должны познакомить со словами: «считать», «вычислять», «доказывать», «знать», «замечать», «хорошо», «плохо». Чтобы смысл слова «хорошо» стал вполне понятен космическим собеседникам, должно быть передано несколько десятков различных примеров.

Знакомство со словом «знать» предполагается осуществить путем передачи следующих сообщений: «Нс не знал, сколько простых чисел меньше 1024, когда он их посчитал, он это знает. Перед тем как Нд провел вычисление, он не знал результата задачи. После вычисления он его знает».

Очень много «поведенческих» понятий позволяет ввести в линкос знакомство с математической теорией игр. Она помогает объяснить такие слова, как «выигрыш», «проигрыш», «деньги», «долг».

А можно ли будет с помощью линкоса передать инопланетным корреспондентам лучшие образцы поэзии? Я в этом не уверен. Думаю, что результат окажется гораздо хуже, чем у того обрусевшего немца с Поволжья, что по своей необразованности и серости стал переводить на русский язык А.С. Пушкина, изданного в Берлине на немецком языке.

Запретная зона

Молодой граф де Труа понуро ехал за гробом своего отца. Его отец, еще совсем нестарый человек, всегда отличавшийся изрядным здоровьем, скоропостижно скончался в пути при весьма таинственных обстоятельствах. Все понимали, что граф был отравлен, и, хотя прямых доказательств не было, юноша не сомневался, что это дело рук его кузенов.

Траурный кортеж уже приближался к владениям графов де Труа, когда раздался выстрел и молодой человек упал на землю, обливаясь кровью. Предательски посланная пуля пробила кость черепа и проникла в мозг. Казалось, его часы сочтены. Однако через десять дней после искусной операции юноша встал с постели, а еще через неделю уже мог сесть на коня.

Молодой де Труа казался физически вполне здоровым, но навсегда утратил способность понимать речь. Нет, он не оглох. Юноша откликался на стук в дверь, узнавал голоса птиц и мелодии песен, даже сам мог подпеть, но абсолютно не понимал того, что ему говорили. Этим обстоятельством немедленно воспользовались кузены, добившись через суд признания его умалишенным и учреждения над ним и его обширным имением опеки.

Описанное событие произошло в XVI веке. В те времена сумасшествие молодого графа де Труа ни у кого не вызвало

сомнений. Сейчас врач назвал бы это заболевание сенсорной афазией, недугом, проявляющимся в неспособности понимать человеческую речь, но не сопровождающимся заметным понижением умственных способностей.

Все формы нарушения речи связаны у правшей с повреждением левого полушария. Как уже говорилось, первым обратил на это внимание П. Брока. Свои выводы о локализации речевых центров он сделал, основываясь на наблюдениях всего двух больных. Оба поступили в клинику для лечения хирургических заболеваний ног, в данном случае заболевания второстепенного. Первый из них в течение 21 года был лишен речи. Он мог сказать только «tan» (пора) да выругаться «sacré nom de Dieu» (черт возьми). Второй располагал пятью словами, но и их произносил весьма искаженно: «oui» (да), «non» (нет), «trois» (три), «toujour» (всегда), «Lelo» (собственная фамилия, искаженное Lelong).

Наблюдения Брока привлекли внимание неврологов к патологии речи. Новые сообщения посыпались как из рога изобилия. Были описаны больные, которые могли говорить, но не понимали обращенной к ним речи; понимали устную речь, но теряли способность читать написанное; теряли способность говорить, но сохраняли возможность излагать свои мысли письменно; наконец, нашлись и такие больные, у которых нарушалась только способность писать или решать математические задачи. Соответственно обнаруженным синдромам были найдены и участки в центральной области ле-

вого полушария, повреждение которых приводило к перечисленным выше заболеваниям. С тех пор хирурги объявили левое полушарие запретной зоной, и отказываются производить операции в его средних отделах.

Звуки речи – это шумы (согласные) и тоны (гласные). Между отдельными звуками нет определенных границ, хотя понимание речи как раз требует их четкого различия. Каждый язык – располагает собственной системой признаков, существенных для понимания речи. Несущественные необязательны, но назвать их второстепенными нельзя. Они помогают нам по голосу узнавать знакомых людей, отличать голос мужчины от голоса женщины или ребенка.

В русском языке в качестве различительных используются такие признаки, как звонкость и глухость (дом – том), мягкость и твердость (пыл – пыль), ударность (за́мок – замо́к), но не используется признак длины звука, имеющий значение в немецком языке, открытость гласных, важная для французов, или фрикативность, которой пользуются англичане. Чтобы понимать речь, нужен не просто тонкий слух, но слух систематизированный. Совершенно не зная языка, нельзя единожды услышав отрывок чужой речи, запомнить его и суметь повторить.

Маленькие дети учатся не только говорить, но и воспринимать речь. Эти два процесса так тесно переплетены, что один без другого полноценно выполняться не может. Каждое новое слово ребенок должен обязательно повторить. Одно-

временно анализируются звуки и двигательные реакции языка, гортани, голосовых связок, возникающие при произношении данного слова. В нашем мозгу хранятся «двигательные» копии отдельных фонем и целых слов, и они для нас важнее звуковых образов тех же фонем.

Попробуйте написать новое, совершенно неизвестное вам слово, только что услышанное по радио. Вы, безусловно, заметите, что язык слегка шевелится, молча «проговаривая» то, что вы собираетесь написать. Голосовые связки и мышцы гортани в этот момент тоже движутся, только это нами не осознается. Сложная задача потребовала усилить анализ, а отсюда двигательная реакция чуть ли не в полном объеме.

Двигательный анализ особенно заметен у людей с плохо развитой речью и, конечно, у детей. Заставьте первоклашку написать трудное, громоздкое слово, запретив повторять его вслух. Если малыш справится с задачей, будет заметно, как напряженно шевелятся его губы. Прежде чем слово будет написано, его придется несколько раз проговорить.

Двигательный контроль чрезвычайно важен, вот почему повреждение двигательного центра речи нарушает не только саму речь, но и ее понимание. Аналогичным образом болезненный процесс, затронувший слуховой центр, обязательно нарушит речь. В тяжелых случаях больной совсем не говорит. Хотя артикуляция не пострадала, поток звуков, которые он извергает, может стать совершенно неразборчивым. Специалисты называют этот симптом словесным салатом. Со-

дается полное впечатление, что обычная речь нарублена на мелкие кусочки. Все тщательно перемешано и в таком виде выдается на-гора, то есть слушателям. Больной действительно смешивает звуки речи почти в случайном порядке.

При повреждении слухового центра речи слух как таковой не нарушен. В этом нетрудно убедиться. Больному объясняют, что, услышав определенный звук (дают его послушать), он должен поднимать правую руку, а на все другие звуки – левую. Простая процедура, и больной с ней легко справляется. Значит, слышит.

Причина недуга в нарушении анализа более сложных звуков. Заставьте такого больного повторять отдельные звуки человеческой речи: «а», «о», «у», «б», «п», «т», – он с этой задачей не справится, будет путать. Попросите на звук «б» поднимать правую, а на звук «п» левую руку, и вы еще раз в этом убедитесь.

В более «мягких» случаях можно заметить, что страдает память на звуки. Если больной сразу же вслед за вами может довольно точно повторять комбинацию из двух-трех звуков а-о-у, то уже спустя одну-полторы минуты начнет путаться. Объем памяти на звуки у таких больных сужен и значительно укорочена ее длительность.

Нарушения памяти, видимо, лежат в основе всех остальных симптомов. Больной может сохранить способность узнавать отдельные звуки и повторять их, но запутается, если их три-пять. Каждый отдельный звук он узнает, но процесс

анализа очередного звука мешает ему удерживать в памяти предыдущий. Когда он дошел до третьего звука, первый уже забыт. Анализ целого слова для него представляет большие трудности, особенно если в нем есть плохо дифференцируемые звуки («п» и «б» – «забор» и «запор»). Аналогичным образом нарушен синтез звуков.

При легких формах заболевания больной способен узнавать и воспроизводить простые, часто употребляемые слова, такие, как «стол», «стул», «ложка». Но попробуйте то же слово «стол» произнести не слитно, а с крохотным интервалом между отдельными звуками – «с-т-о-л», больной узнает их и даже запомнит последовательность, но не сможет составить из них слово.

Мы и вундеркинды

Средства общения, речь не передаются по наследству и не возникают у детей сами собой. Это особенно отчетливо обнаруживается у слепоглухих от рождения детей. Пока ребенка специально не обучат, у него самостоятельно не возникнет потребность что-то сообщить окружающим. Отсутствует само представление о возможности активного общения.

А.И. Мещеряков рассказывает, что его пациент Володя Т. в семилетнем возрасте, поступивший в специальную школу в Загорске, без особых затруднений понимал естественные жесты своих родителей, связанные с едой, одеванием, гулянием. Сам же активно употреблял всего пять-шесть знаков, несмотря на то, что за два года до поступления в интернат отец начал заниматься с ребенком по специально составленной программе.

Такая убогость речи объясняется тем, что первые годы родители стремились предугадать малейшее его желание, а отсутствие основных органов чувств не давало возможности ребенку заметить, что окружающие обладают средствами общения. Усилия современной, главным образом советской, науки показали, что у таких людей при надлежащем педагогическом подходе возможно совершенно нормальное развитие психики. Яркий пример тому слепоглая писательница О.И. Скороходова.

Обучение слепоглохих детей начинается с уроков самообслуживания. Когда они овладеют простейшими навыками, приступают к формированию средств общения, связанных с этой деятельностью. На первых порах каждому действию, которое предполагается совершить, предшествует имитирующий его жест педагога, затем педагог начинает осуществлять само действие. Вскоре ребенок научится действию, начатое педагогом, кончать самостоятельно, а потом совершать его по одному знаку педагога. Например, если нужно умыться, педагог берет руки ребенка и имитирует процесс умывания, а затем уж приступает к мытью.

Обучать иначе, просто знакомя с различными предметами и обозначая их особенными жестами, нельзя. Воспринимать жесты педагога и заниматься деятельностью, которая не имеет для ребенка никакого значения, он не способен. Первым языком слепоглухонемого ребенка может быть только воссозданное действие, частично копирующее обычные двигательные навыки.

Расширяют язык в процессе специально спланированных игр. Это уровень пассивного знания языка жестов. Прежде чем дети научатся их активному употреблению, проходит особая стадия. В этот период, получив распоряжение педагога, прежде чем выполнять его, ребенок повторяет соответствующий жест.

Немного позже он начинает употреблять жесты перед тем, как собирается сам что-то предпринять. Это делается не с

целью сообщить окружающим о своих намерениях, а только для себя. Ученые называют такие явления спонтанной жестовой речью для себя. По сути дела, это внутренняя жестовая речь, специальное жестовое думание, аналогичное словесной внутренней речи нормальных людей, с помощью которой думаем мы.

Обычно педагог подкарауливает моменты речи для себя и оказывает ребенку помощь в выполнении задуманных действий. Это помогает ему от внутренней речи для себя перейти к речи жестов, направленной в адрес окружающих.

Особенно сильным стимулом бывает знакомство ребенка с тем, как более старшие воспитанники общаются друг с другом, «разговаривая руками». Если ребенок постоянно воспринимает ручное общение людей вокруг себя, он начинает подражать их жестикуляции.

Такие манипуляции еще не могут считаться речью и не обозначают никаких действий. Это напоминает звуковой лепет грудных детей, который предшествует настоящей звуковой речи. Ученые так и назвали его «жестовым лепетом». Как бы необычно ни было общение людей, оно всегда является результатом обучения и проходит сходные этапы.

Существует представление, что языком следует овладеть в первые шесть лет жизни. Если время почему-либо упущено, потеря невосполнима. Говорить такой человек никогда не будет. Изучение второго языка в зрелые годы вполне возможно, но сопряжено с серьезными трудностями. Зато

после трех-шести языков происходит перелом, и овладение новыми языками значительно ускоряется.

Трудно сказать, может ли быть предел в количестве освоенных языков. Скорее всего нет. Профессор Тартуского университета П. Аристэ говорит на 20 и пишет на 15 языках. Лингвист А. Зализняк в 25 лет владел 40 языками. Выдающимся полиглотом был кардинал Мещофанти, заведующий учебной частью конгрегации пропаганды Ватикана. В его архиве найдены заметки на 84 языках!

Любят девушки у нас поговорить

Много ли мы говорим? Вопрос отнюдь не праздный, хотя мы, к сожалению, этого пока не знаем. Не подумайте, что лингвистам до сих пор неизвестно, сколько мы можем наговорить, если возьмемся за это дело серьезно. Наука располагает вполне достоверными сведениями, опираясь на результаты международных соревнований. В настоящее время абсолютным чемпионом является англичанин Хунтер, способный выбросить на ветер 416,6 слова в минуту.

Не менее интенсивно мы умеем писать. Средняя скорость письма на пишущей машинке 180–200 знаков в минуту. Чемпионка Ленинграда среди машинисток делает 420. Рекорд ЧССР принадлежит Гелене Рoubичковой – 534,1 удара в минуту. Стенографистка может работать быстрее, чем мы обычно говорим, записывая в минуту более 170 слов.

Хотя сами по себе эти достижения представляют несомненный интерес, ученых больше занимает вопрос, много ли мы говорим в обыденной жизни, то есть когда не собираемся побить мировой рекорд. Одно из первых исследований, призванных восполнить этот пробел в наших знаниях, провел профессор Ямагата в городе Цуруоке. Он изучил речь, произносимую и написанную, слышимую и читаемую, двумя жителями этого города. Каждое наблюдение продолжалось 24 часа. Исследователь с магнитофоном всюду следовал за

своим подопечным, не упуская из виду, что многие говорят и во сне.

Профессору Ямагата хотелось изучить речь «среднего» человека в обыденных условиях жизни. В настоящее время большинство японцев живет в небольших городах. Цуруока расположен в центре самой «средней» префектуры и является типичным для Японии городишком.

Под наблюдение попали хозяин небольшой лавки и мелкий служащий. Оказалось, что первый из них на «языковое существование» тратит в среднем 8 часов 9 минут, второй – 11 часов 54 минуты. Из них на разговоры соответственно – 75 и 61 процент. Остальное время ушло на слушание радио, на чтение и письмо. Последнее занимало у них всего 17 и 47 минут, что, оказывается, для «среднего» японца достаточно много. Аналогичные исследования в городе Сиракаве показали, что на письмо крестьянин и парикмахер тратят в день около 1 минуты, домашняя хозяйка – 1,5, а рабочий – 15 минут.



Интересны результаты подсчета количества произносимых за день слов. Как ни странно, самым болтливым оказался крестьянин, умудрившийся наговорить за день 10 068 слов. Он значительно опередил домашнюю хозяйку (9290 слов), а ведь высокая подвижность языка всегда считалась специфически женским достоинством. Средняя англичанка, к примеру, произносит 105 слов в минуту, на 29 слов больше среднего англичанина.

Далее следующие места распределились таким образом: парикмахер – 8558; служащий – 5528; рабочий – 4752. Меньше всего наговорил торговец – 2891 слово. Чаще всего употреблялись междометия, слова приветствия, указательные местоимения, наречия и глаголы типа «быть» и «становиться». Крестьянин за день произнес 190 раз «то», 147 раз

«это», 132 раза «быть», 124 раза «так». (У нас подобных исследований не проводилось, но, судя по некоторым произведениям художественной литературы, русский дореволюционный крестьянин по слову «так» далеко обогнал бы японского.) Наиболее быстро говорят итальянцы, на втором месте бразильцы и на последнем – финны.

Особенно много болтают дети. Шведские малыши четырех лет, по подсчетам Т. Эразма, произносят в день по 12 тысяч слов. Австралийские дети отстают на целую тысячу. Наиболее часто произносятся слова «я», «хочу», «буду», «люблю». Способность детей столько наговорить тем более удивительна, что словарный запас четырехлетнего ребенка немногим более 900 слов.

Наиболее напряженную «языковую жизнь» ведут «инженеры человеческих душ» – писатели и педагоги. Общее время их «языкового существования» подсчитать трудно. Печатные труды дают об этом лишь некоторую информацию. Дюма (отец) писал так много и быстро, что секретарь не успевал переписывать. Примерно в таком же положении находилась С. Толстая. Известно, что Л.Н. Толстой тщательно дорабатывал свои произведения, многократно исправляя уже написанное. Только «Анну Каренину» Толстой пришлось переписать 16 раз.

Дюма можно отнести к числу наиболее плодовитых писателей, но до рекорда ему далеко. Более трудолюбивым следует признать Лопе де Вега. За свою 73-летнюю жизнь он, кро-

ме новелл, романов, исторических сочинений, эклог, стихов, сонетов, од, элегий, которых тоже было немало, написал 2500 пьес. Если предположить, что литературным трудом де Вега начал заниматься с 10–13 лет, то выходит, что в месяц из-под его пера выходило 3,5 пьесы! Часто пьеса была готова всего за 2–3 дня.

Писатель К. Оригенес (отец) создал около 6 тысяч произведений. Повесть «Мечты среди цветущих гранатов» китайской писательницы Ли Куйе-ю содержит 360 томов! Для полного собрания сочинений польского писателя Крышевского, написавшего только одних исторических романов 88, потребовалось бы 500 тысяч страниц.

В среде писателей, несомненно, были люди, способные потягаться с Ч. Хунтером. В. Вольский написал либретто к опере «Галька» всего за одну ночь. Сутки потребовались Л. Осинскому на создание драмы «Прометей». Даже Абу-Али Ибн-Сина, живший в старое, неторопливое время, и тот на написание «Метафизики» потратил всего четыре дня.

Я не хочу, чтобы у читателя сложилось впечатление, будто литераторы всегда многословны. Мастера слова могут быть предельно лаконичны. Вероятно, в этой области мировой рекорд принадлежит В. Гюго. Отправляя издателю свой роман «Отверженные», он приложил к рукописи письмо следующего содержания: «?»

Констатирую, что издатель оказался на высоте. Он ответил: «!»

Почему Ньютон родился в Европе

Коммунисты – последовательные борцы со всеми видами расовой дискриминации. Коммунистическая партия воспитала нас, граждан первого в мире социалистического государства, в духе интернационализма. Идея равенства всех народов является убеждением советских людей.

Понятие равенства во всех областях, в том числе и в интеллектуальных способностях, невольно ассоциируется с понятием одинаковости. А вот это совершенно неверно. Когда близко сталкиваются люди далеких друг от друга культур, они замечают, что их способы мышления существенно отличаются друг от друга. В чем тут дело?

Оказывается, принятые нормы употребления слов определяют некоторые формы мышления и поведения людей. А так как грамматические модели языков нередко существенно отличаются друг от друга, неизбежно возникают различия мышления и поведения.

Сошлюсь на наблюдения английского лингвиста Б. Уорфа, занимающегося вопросами семиотики – науки о знаковых системах. Работая в молодости агентом общества страхования от огня, он выяснял причины, приводящие к возникновению пожаров. И установил, что пожары на складах, где хранятся пустые цистерны из-под бензина, возникают значительно чаще, чем в бензохранилищах. Уорф на-

ходит, что причина этого явления связана с лингвистикой. На бензоскладах соблюдаются строжайшие меры противопожарной безопасности. Представление о бензине, как о взрывоопасном веществе заставляет весь обслуживающий персонал быть крайне осторожным. Напротив, слово «пустой» невольно предполагает отсутствие всякого риска, и люди ведут себя в соответствии с этим представлением. Между тем порожние емкости из-под бензина всегда содержат его пары, которых здесь оказывается гораздо больше, чем на бензоскладе. Отсюда и многочисленные несчастные случаи.

Вернемся к национальным формам мышления. Для этого познакомимся с языком индейского племени хопи. До прихода белых завоевателей племя обитало в Северной Америке в нескольких деревнях на берегах реки Литл Колорадо. Позже так называемые «пионеры» освоения американских просторов согнали хопи с плодородных земель, и те вынуждены были переселиться в пустынные районы теперешнего штата Аризона, где и поныне живут в первой из созданных в Соединенных Штатах резерваций для индейцев. Сейчас насчитывается около 3,5 тысячи хопи. Племя живет замкнуто. Оно сохранило свои обычаи и религию и сторонится современной цивилизации.

«Время», «пространство», «материя» и другие понятия различны у разных народов. Люди, говорящие на индоевропейских языках, употребляют множественное число и количественные числительные, когда имеют в виду действитель-

ное множество предметов и когда речь идет о воображаемом множестве. Подойдя в зоологическом саду к клетке, мы скажем: «На полке сидят пять обезьян». То же выражение мы повторим на вокзале, объясняя другу, что едем в Африку, чтобы поймать пять обезьян, так как можем реально представить пять обезьян, собранных вместе.

Больше того, мы применяем количественные числительные к явлениям, существование которых всех разом представить невозможно. Например, говорим «пять дней», «пять часов», «две осени», хотя в каждый момент жизни можем иметь дело только с каким-то одним вполне определенным днем, часом, временем года. Вероятно, цикличность явлений вызывает представление об их множестве, и наш язык не проводит различий между числом реально существующих и воображаемых предметов и явлений.

В языка хопи множественное число и количественные числительные употребляются только для обозначения предметов, которые могут образовывать реальные группы. В этом языке нет выражения «пять дней». На языке хопи говорят так: «Я гостил у своей невесты до шестого дня» или: «Я уехал после пятого дня», то есть понятия о длительности времени у них нет. Его заменяет последовательность событий: одно было раньше, другое после.

Велика разница в обозначении количества. В европейских языках используются два вида существительных. Одни служат названиями предметов – стул, стакан, вагон. Другие –

названиями веществ: вода, бензин, железо, снег. Количество первых определяется легко: «Одна собака, три вагона». Для существительных второго рода количество назвать сложнее.

В русском языке мало специальных названий. Например, «скала», «валун», «булыжник» или просто «камень» вполне определенно указывают на количество «каменной субстанции». Для хопи это основной способ выразить количество вещества. Вода называется двумя словами. Одним обозначают небольшие порции, другим – трудноизмеримые количества. Первое хопи употребят в выражении «принеси в ведре воды», второе – в выражении «остановимся у воды».

В европейских языках количества вещества обозначаются через существительные первой группы: «ком снега», «головка сыра», «кусок сахара». И чаще с помощью названия тары: «стакан чая», «мешок муки», «тарелка щей», «бутылка или кружка пива». Такой способ подходит для всех без исключения существительных. Мы используем его, обозначая продолжительность времени: секунда, год. (Сравни: «бутылка пива».)

Неделя, декада, лето в нашем представлении содержат вполне определенное количество времени. В хопи абстрактное понятие времени отсутствует. Утро, вечер, лето не существительные, а особая форма наречий, которые можно перевести на русский язык следующим образом: «когда утро», или, еще точнее, «когда период утра происходит». Поэтому на хопи нельзя сказать «жаркое лето», так как слово «лето»

и без того обозначает период, когда наступает жара.

Европейские языки, продолжая традицию использования двухсложных сочетаний для выражения длительности, интенсивности и направленности, широко используют метафоры: «короткий день», «большой друг», «легкая грусть», «острый вопрос», «падение курса акций», «приходящий поезд». Неметафорические способы выражения этих понятий крайне немногочисленны.

Использование метафор зашло так далеко, что их применяют при описании самых, казалось бы, простых ситуаций. Я «улавливаю» «нить» рассуждений докладчика, но если их «уровень» слишком «высок», мое внимание может «рассеяться», «потерять связь» с их «течением», и может случиться, что, когда он «подойдет» к конечному «пункту», мы «разойдемся» уже так «далеко» и наши «взгляды» будут настолько «отстоять» друг от друга, что «вещи», о которых шла речь, «представятся» или «очень» условными, или просто «нагромождением» чепухи. Сплошные метафоры!

В хопи они полностью отсутствуют. Для выражения длительности, интенсивности и направления используется многочисленная группа специальных слов и выражений. Таким образом, мышление европейца, анализируя действительность, считает, что время можно измерить, разрезать на равные части, выбрать по желанию из середики любой кусочек. У хопи нет представления, что все без исключения явления становятся все более и более поздними, то есть что

одно событие наступает позже во времени, чем другое, так как одни сохраняются неизменными (скала), другие развиваются (рост растений), третьи приходят в упадок и исчезают (старение и смерть). На хопи нельзя сказать, что сегодня луна взошла позже, чем вчера. Хопи скажут: «до первых петухов» или «после первых петухов».



К чему приводят подобные различия? Понятия пространства, времени и материи, лежащие в основе ньютоновской механики, не выведены путем математического анализа. Они заимствованы Ньютоном из языка и являются плодом европейских языков и культуры. Родись Ньютон хопи, ему пришлось бы прибегнуть к специальному анализу для создания подобных представлений, как позже Эйнштейну – вос-

пользоваться математическим аппаратом при создании теории относительности.

Изменения в языке происходят крайне медленно, что приводит к инертности мышления. Но все же происходят. Это обстоятельство серьезно ограничивает возможность непосредственного знакомства с научными и культурными достижениями ушедших поколений. Очень быстро устаревают метафоры. Общеупотребительные обороты, отслужив свою службу, выходят из строя, и мы, сталкиваясь с ними, не очень отчетливо понимаем их значение. Для иллюстрации я позволю себе привести цитату из биографических записок князя И.М. Долгорукова «Капище моего сердца», вышедших в свет всего 80 лет назад. «Графиня вздумала оказывать жене моей презрение, которым она любила со всеми квитаться, и сама с ней обходилась очень ярко, а та была уже в большом случае». Метафоры, широко употреблявшиеся менее столетия назад, нам уже непонятны.

Кладовая



В поисках клада

Весьма заманчиво найти хранилище человеческой памяти. Где только его не искали! Не сразу додумались заглянуть в черепную коробку. Кладовку искали в желудке, и в сердце, и во многих других закоулках человеческого тела. Отголоски этих представлений и по сей день можно встретить в художественной литературе.

Если быть предельно объективным, то «память сердца» не только поэтический образ, но до некоторой степени реальная действительность. После каждого сокращения сердца на 30–50 секунд понижается возбудимость сердечной мышцы. Она как бы сохраняет воспоминание о только что сделанной работе. Любая клетка тела имеет подобную память, но речь не о ней.

Первые успехи в поисках кладовой были сделаны в лабораториях И.П. Павлова. После удаления у собак участков коры больших полушарий, связанных со зрением и слухом, нарушались условные рефлексы на сложные зрительные и звуковые раздражители. Животные не могли их запомнить. Значит, здесь и сосредоточена память о зрительных, слуховых, двигательных впечатлениях. Постепенно накапливались данные, свидетельствующие о том, что все приобретенное нами хранится в самых верхних этажах «чердака», в нейронах коркового вещества больших полушарий мозга. Это все, что мы сейчас знаем о кладовой мозга.

У нас на «чердаке» локализуется высшая специфически человеческая память. Способность запоминать более простые события присуща всем остальным отделам нервной системы. Это нетрудно продемонстрировать. У крысы после удаления правой половины мозжечка тонус мышц – сгибателей конечностей справа усилится, а на противоположной стороне ослабнет: правые конечности окажутся согнутыми, а левые вытянутыми. Если теперь сделать еще одну операцию, отделить головной мозг от спинного, тонус мышц правых и левых конечностей тотчас же уравнивается, так как пути от мозжечка к спинному мозгу окажутся разрушенными и его влияние прекратится. Подобная операция, проведенная спустя 45–53 минуты после первой, асимметрии мышечного тонуса уже не исправит. За 40 минут спинной мозг успевает усвоить новую установку мозжечка и, лишившись руковод-

ства, поддерживает нужный тонус мышц по памяти.

Усилия ученых направлены главным образом на выяснение способов консервации наших знаний. По существу, мы очень недалеко ушли от Сократа, который считал, что в человеческом мозгу находится восковая табличка, куда записывается все, что следует запомнить. Регулярные вскрытия человеческих черепов давно принудили отказаться от восковых табличек, немногие новые теории памяти имеют равную достоверность.

Большинство группируется вокруг одной из двух основных идей. Предполагается, что записи в мозгу производятся или с помощью возникновения нового узора связей между нервными клетками, или путем каких-то биохимических изменений. Главный аргумент сторонников биохимической теории – генетическая информация, иными словами – память вида. Она записана на молекулах дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Молекулы ДНК очень большие. Их молекулярный вес достигает 6–12 миллионов. Они состоят из огромного количества нуклеотидов: у крысы их 15 тысяч, а у человека до 40 тысяч. Если развернуть спираль ДНК и выпрямить, она растянется на несколько миллиметров. Общая длина молекул ДНК одной клетки человека, соединенных вместе, около двух метров, а длина нити, составленной из всех молекул ДНК человеческого тела, достигнет 15 миллиардов километров.

Каждая молекула состоит из двух нитей, скрученных в плотную спираль. Нуклеотиды, из которых она построена, служат основой для «кодирования» информации. В генетическом алфавите всего четыре буквы (четыре нуклеотида: аденин, тимин, цитозин и гуанин). Из них можно составить $4^{40\,000}$ сочетаний, то есть $4^{40\,000}$ слов. С помощью «словесного» материала молекул ДНК одной нервной клетки человеческого мозга можно закодировать содержание тысячи книг по тысяче страниц каждая! Это объем средней человеческой памяти, а в одной коре больших полушарий около 10–16 миллиардов нейронов!

Привлекательность химической теории – в ее оптимистичности. Если теория верна, прогресс психического развития человечества ничем не ограничен и не потребует дополнительного развития мозга. Молекулы ДНК даются каждому организму пожизненно: они возникают одновременно с возникновением нейрона и сохраняются до конца жизни, что очень удобно для использования памяти «на всю жизнь». Вряд ли в организме существуют вещества более постоянные.

Против причастности ДНК к памяти выдвигается много возражений. Одно из них состоит в том, что все возможности для кодирования информации в молекулах ДНК полностью израсходованы для записей генетических инструкций. Это серьезное возражение. ДНК, как возможный носитель памяти, большинством ученых третируется.

Более признанный кандидат РНК (рибонуклеиновая кислота). Ее молекулы также достаточно велики, хотя в сравнении с ДНК они карлики. Состоят они всего из одной цепочки. Ее толщина 10–15, длина около 100 ангстрем. Молекулы РНК синтезируются всю жизнь. Матрицей для них служат некоторые участки нитей ДНК. В свою очередь, РНК является матрицей для производства белка.

Предполагается, что нервный импульс, приходя в очередной нейрон, вызывает какую-то замену в нуклеотидной последовательности РНК или изменения вторичной структуры. Нить молекулы РНК свернута в виде восьмерки или нескольких петелек. Это и является ее вторичной структурой. Видимо, измененная молекула способна легче отзываться на породивший ее нервный импульс или сама вызывать его генерацию.

Кроме ДНК и РНК, как возможные носители памяти высоко котируются белки. Любое изменение порядка нуклеотидов в молекуле ДНК сейчас же приведет к синтезированию видоизмененной РНК, а она, естественно, начнет собирать новый, ранее отсутствовавший в клетке белок. Каждый нестандартный белок может стать памяткой в записной книжке нашего мозга.

Забегая немного вперед, я должен сказать, что роль белков как носителей памяти, точно так же как ДНК и РНК, пока никем не доказана. В пользу белка свидетельствует довольно веский аргумент: участие в одном из особых видов

памяти. Речь идет об иммунитете. Запомнить белковую специфичность вредоносного агента, микроба, вируса или иного чужеродного белка, и заготовить специальные белковые вещества, способные их обезвредить, – разве это не является памятью организма об испытанных воздействиях? А раз белок уже проявил свои способности, почему не допустить, что он используется мозгом.

Кроме перечисленных веществ, в нервной клетке найдется и иной материал, способный быть носителем памяти. Очень перспективны липиды, которых много в клеточных мембранах, хотя они почему-то пока не привлекают внимания исследователей.

Ум долгий, ум короткий

Был зимний холодный вечер. Из затянутого тяжелыми тучами неба на землю сыпался снег. Порывистый ветер подхватывал его на лету, закручивал в снежные вихри и нес по направлению к морю. Михаил Р., подняв меховой воротник, ссутулившись и втянув голову в плечи, быстро шагал по пустынной набережной Фонтанки. Он уже подходил к своему дому, когда из соседней подворотни донесся призыв о помощи. Прибавив шаг, Михаил свернул под арку. В слабом свете тусклой электрической лампочки он увидел рыжеволосую девушку, которая тщетно пыталась вырваться от двух парней, явно нетвердо стоявших на ногах.

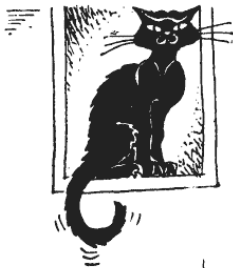
Не теряя времени, Михаил бросился на ближайшего обидчика и сбил его с ног, но, в свою очередь, получил такой удар, что чуть не вылетел за ворота. На этом поединок закончился. Мгновенно протрезвев, хулиганы поспешно ретировались.

Сознание вернулось к Михаилу еще в «скорой». В больнице констатировали не слишком сильное сотрясение мозга. В таких случаях полагается строгий постельный режим на 10–15 дней.

Расследование происшествия было поручено молодому, совсем еще неопытному, но весьма старательному следователю. Допрос пострадавшей не помог розыску. Она то ли от страха забыла, то ли из боязни последствий не хотела вспом-

нить приметы своих обидчиков.

Потерпев первое фиаско, следователь отправился в больницу. К его крайнему удивлению, Михаил не только не мог помочь следователю, но он вообще не помнил, что с ним произошло и почему оказался в больнице. Даже рыжеволосая девица не оставила в его памяти ни малейшего следа. Только к концу десятидневного пребывания в больничной палате он стал смутно припоминать, что, возвращаясь домой, услышал призыв о помощи и бросился на выручку. Но что произошло в подворотне, он так никогда и не вспомнил.



Будь следователь более опытным, глубокая забывчивость пострадавшего его бы не удивила. В психологии памяти давно известно два удивительных феномена: посттравматиче-

ская ретроградная амнезия (провал памяти) и увеличение прочности заученного материала через несколько часов после окончания урока.

Феномен ретроградной амнезии состоит в том, что при временной потере сознания, по какой бы причине она ни произошла, человек начисто забывает события, непосредственно предшествовавшие потере сознания.

Оба упомянутых феномена свидетельствуют о том, что фиксация нового материала не происходит мгновенно, а требует известного времени. Если в этот период прекратить хотя бы на короткий срок работу мозга, фиксация серьезно нарушается. Зато, как метко подметил Н.А. Некрасов, ежели «втемяшилась в башку какая блажь, колом ее оттудова не выбьешь...». Прочно зафиксированный памятью материал, не повреждая мозга, вытравить практически невозможно.

Исследователи давно пришли к выводу, что существует два вида памяти: короткая и долгосрочная. Первая предназначена для планирования непосредственного поведения. Весь материал, которым она располагает, хранится только до той поры, пока он нужен, а затем полностью стирается. Вот почему ее нередко называют оперативной памятью. В долгосрочной памяти материал хранится неизмеримо дольше, многие месяцы и годы, практически всю жизнь.

Никому не известно, через какой срок подручный материал памяти передается из диспетчерских отделов мозга на постоянное хранение. Зимой 1969 года в Гагре собрались на

симпозиум 40 ведущих ученых страны, чтобы обсудить успехи в изучении памяти. Они не смогли установить, через какой срок функциональные изменения переходят в структурные.

Значительная разница в сроках хранения объясняется серьезными различиями в способах фиксации воспринимаемого материала. Кратковременная память связана с какими-то функциональными изменениями в работе мозга, предполагают, что с длительной циркуляцией нервного импульса в замкнутой цепи нейронов. Если она происходит достаточно долго, в нейронах могут возникнуть структурные изменения, и память станет долгосрочной.

Связь кратковременной памяти с функциональными изменениями весьма вероятна, но я не уверен, что в течение часов и дней по орбитам нейронных цепей мозга гуляют импульсы, неосторожно запущенные мною.

Каждую субботу я планирую дела на всю неделю. В понедельник утром опустить письмо, днем повторить 153-й опыт, вечером подготовить материалы доклада, перед сном просмотреть пару книг. И так на все 7 дней. Неужели с субботы в моем мозгу так и крутится: «Не забыть письмо. Повторить 153-й опыт. Сделать график. Не забыть письмо!!!» День спустя: «Письмо опустил. 153-й опыт повторил. Не забыть график. В пятницу с двух до трех не будет электричества. Письмо уже опустил. 153-й опыт повторил. Не забыть график!»

Если факты убедят меня в циркуляции импульсов, немед-

ленно куплю магнитофон, буду на него надиктовывать планы, и пусть он крутится, а я стану спать снокойно. Собственный мозг дороже, ведь нейроны не возобновляются. Никто не знает, не возникает ли «трения» при вращении нервных импульсов, не снашиваются ли при этом нейроны.

Память относится к числу психических явлений, над которыми люди задумываются уже не меньше шести-восьми тысячелетий. Наиболее интенсивно изучается долгосрочная память. Чаще всего используют два излюбленных приема: ретроградную амнезию и реакцию пассивного избегания. Обычно опыты ставят на белых мышах или крысах. Ретроградную амнезию вызывают пропусканьем электричества через голову животного, вызывая непродолжительный шок.

Реакция избегания – особый условный рефлекс. Для ее образования используют нехитрую установку. Животное помещают на ярко освещенную полочку или сажают в небольшую, ярко освещенную камеру. В обоих случаях животное может спрятаться от неприятного для него света, уйти через отверстие в темное помещение. Обычно подопытная мышь это незамедлительно и проделывает, не предполагая, какой подвох приготовлен экспериментатором. Как только животное переступит порог, за ним захлопывается дверца, и через пол, оплетенный паутиной проводов, начинают бить током.

Процедура продолжается долго, 30–50 секунд, чтобы крыса хорошо запомнила, что сюда соваться не следует. И дей-

ствительно, одного раза достаточно, чтобы реакция избегания образовалась. Крыса, выпущенная в ту же камеру повторно, будет щуриться от неприятного света, жаться к стенкам, но в отверстие больше не пойдет или пойдет туда не так быстро, как в первый раз. У нее выработался навык избегать темные углы после одного знакомства с обстановкой.

Теоретически рассуждая, можно предполагать, что сразу после столь неприятной процедуры, так сказать на свежую память, она ни в коем случае вновь туда не сунется. Ничуть не бывало. Если крысу через пять секунд извлечь из темного отсека и опять поместить в освещенную часть установки, она с еще большей поспешностью бросится в открытое отверстие.

Должно пройти больше двух минут между неприятной процедурой и повторным экспериментом, чтобы у подопытного животного возникло сомнение в правильности своих поступков. Только через час рефлекс избегания окончательно упрочится. «Дозреет», как говорят исследователи.

Час времени, который проходит между первым знакомством с ситуацией и повторным испытанием, самый важный. В этот момент решается судьба информации, поступившей в мозг. Если работа мозга будет нарушена, фиксации не произойдет.

Вызывая шок электрическим раздражением мозга, можно уточнить время фиксации. Через сутки после образования навыка шок не оказывает никакого влияния на осуществле-

ние рефлекса, а следовательно, и на память. Но чем ближе к моменту окончания первого опыта раздражают мозг, чем сильнее электрический ток, тем полнее вытравливается след, оставленный первоначальной процедурой.

Что же делает электрошок? Его действие вначале трактовали как нарушение фиксации следов перенесенных воздействий. Позже появились подозрения, что электрошок, не нарушая фиксацию, мешает «созреванию» условного рефлекса. Некоторые основания для этого имелись.

Вскоре после процедуры обучения электрошок уничтожает все воспоминания, однако, если осторожно напомнить животному, память восстановится. Делается это просто. Мышку, забывшую во время электрошока предыдущую неприятность, раздражают электричеством. Процедуру напоминания стараются проводить в другом помещении, полностью изменяют обстановку опыта, чтобы она внешне не напоминала первоначальный эксперимент.

Раздражение электричеством восстанавливает память. После процедуры «напоминания» мышонок так, за здорово живешь в какую-то дырку не полезет. Значит, память хранила нужную информацию, но почему-то мышка не могла ею воспользоваться.

Есть другой способ вернуть память, уничтоженную электрошоком. Некоторые вещества способны возродить воспоминания, как проявитель делает видимым изображение, скрытое на фотопластинке. Особенно хорошо действует

стрихнин, введенный до электрошока. Даже спустя три часа он еще способен оживить следы памяти. Только в одном случае стрихнин окажется бессильным, если электрошок нанести в течение минуты после обучения. Тут уже ничто не поможет.

Опыты по восстановлению памяти породили новые представления. Скорее всего фиксация информации проходит два этапа. Во время первого, очень короткого, исчисляемого всего несколькими десятками секунд, возникает матрица, отпечаток с информации, достигшей мозга. Электрошок, нанесенный тотчас после процедуры обучения, помешает ее возникновению, но бессилён ее разрушить, если она уже образовалась. Зато, воздействуя на вторую фазу фиксации, он сделает матрицу неактивной.

В этом случае память зафиксирует и будет хранить массу важных для организма вещей, но не сможет ими воспользоваться. Знания будут лежать в мозгу мертвым грузом. Стрихнин и процедуры напоминания, видимо, создают аппарат, позволяющий пользоваться матрицей.

Гораздо труднее для изучения кратковременная память, хотя иногда простые наблюдения за животными позволяют собрать уникальный материал. В числе первых советских физиологов, рискнувших обнародовать свои наблюдения над памятью животных, был В.Я. Кряжев. Выступая на одном из совещаний, он рассказывал, как однажды ему довелось проникнуть в глубины оперативной памяти вороны.

Дело было летом на даче. В полдневный зной ворона обнаружила на открытой веранде тарелку с куриными яйцами. Оглядевшись по сторонам и убедившись, что никого вблизи нет, осторожная птица украла яйцо. Через 20 минут она прилетела за другим, затем за третьим.

Кряжева заинтересовало: запомнит ли ворона, унеся последнее яйцо, что больше на веранде поживиться нечем. Когда оно было украдено (как выяснилось из вопросов, заданных докладчику, яйца принадлежали соседу), экспериментатор удвоил внимание. Похитительница не вернулась. Оперативная память вороны в пределах 20 минут работала идеально. Природа щедра на подобные эксперименты, но, чтобы подсмотреть их, необходимо счастливое стечение обстоятельств.

Когда хотят изучать кратковременную память, поступают следующим образом: на глазах у подопытного животного в одну из двух-пяти кормушек кладут корм. Кормушки устроены так, что животное не может видеть корм и ощущать его запах. Экспериментатор не дает животному тотчас же съесть пищу. Только выждав известное время, животному дают доступ к кормушкам. Постепенно увеличивая интервал, устанавливают длительность краткосрочной памяти. Она оказалась не такой уж короткой: собаки и обезьяны способны помнить о корме несколько дней.

Этот эксперимент для высших животных достаточно прост. Обычно его стремятся усложнить. Корм кладут в кор-

мушки скрытно от животного. На заряженную кормушку указывает специальный раздражитель – загорающаяся лампочка или звук звонка, расположенные над ней.

Чтобы узнать, как долго сохраняются воспоминания о внешних раздражителях, животному предъявляют друг за другом два звука или две картинки. Если они совершенно одинаковы, то животное, нажав на рычаг кормушки, сможет достать корм. Когда раздражители разные, кормушка окажется запертой. Увеличивая интервал между действием раздражителей, удается установить, сколько времени животное может помнить первый из них достаточно хорошо, чтобы сравнить его со вторым.

Чтобы узнать, как долго животное помнит совершенное им действие, применяют Т-образный лабиринт. Крыса получает корм только в том случае, если бежит по очереди в правый и левый рукав лабиринта. Когда интервал между очередными прогулками по лабиринту достаточно велик, животное забывает, в какой последовательности бегало предыдущий раз, и начинает путаться.

Краткосрочная память – необходимое условие для образования долгосрочной, однако не всякая краткосрочная память переходит в долгосрочную. Вводя животным специальные препараты, угнетающие в мозгу синтез белков, удается затормозить развитие долгосрочной памяти. У золотых рыбок и крыс в течение одного опыта легко вырабатывался условный рефлекс. Однако уже через несколько часов он

разрушался. Можно три-пять дней заново вырабатывать рефлекс, а он за ночь каждый раз успеет разрушиться. Оперативная память исправна, а механизм передачи информации в долгосрочную память нарушен.

У животных, которым введены вещества, нарушающие в мозгу синтез белка, условный рефлекс удастся выработать, только если между отдельными сочетаниями раздражителей будет небольшой интервал, две-пять минут. При увеличении интервала до 30–40 минут рефлекс не образуется. Кратковременная память о предыдущем сочетании успеет разрушиться раньше, чем произойдет очередное сочетание. Можно затратить несколько суток, сделать 50–100 сочетаний, но так и не добиться образования условного рефлекса.

Пилюли из вашего дедушки

Биохимическая теория памяти получила значительное развитие в последние десятилетия. Этому предшествовал длительный период накопления знаний о биохимических превращениях в мозговом веществе. Развитие учения об условных рефлексах вызвало интерес к биохимическим процессам, сопровождающим работу мозга. Неудивительно, что пионерами в этой области стали наши отечественные ученые, воспитанники павловской физиологической школы: А.В. Палладин, Е.М. Крепе, Г.Е. Владимиров.

В то время не существовало таких точных методов, чтобы можно было заметить биохимические изменения, вызванные однократным условным рефлексом. Они чрезвычайно малы, а время, необходимое, чтобы убить животное, извлечь мозг и подготовить к химическому анализу, столь велико, что дальнейший ход биохимических реакций умирающего мозга должен был полностью их стереть.

Вести в этом направлении поиски казалось бессмысленным. Поэтому первые исследования выполнили на животных, которых в течение длительного времени подвергали определенным воздействиям светом или звуком, заставляли здорово побегать или вволю выспаться. Предполагалось, что эти процедуры вызовут серьезный биохимический сдвиг, который не сотрется за время подготовки мозгового вещества

к анализу.

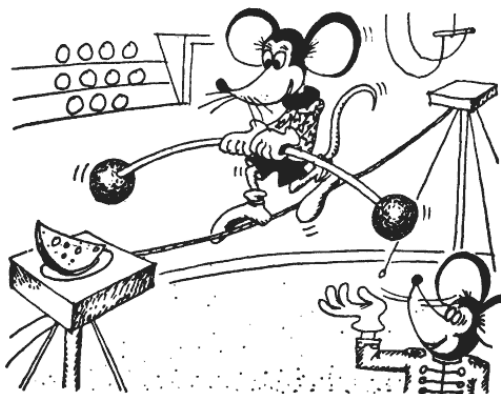
Позже Владимиров внес в методику существенное усовершенствование. Он вырабатывал у крыс специальный условный рефлекс: по сигналу животное должно было выпрыгнуть из камеры через специальное отверстие наружу, чтобы не получить удара электрическим током. Когда тренировка условного рефлекса достигала нужного уровня, под отверстие подставляли сосуд с жидким воздухом, куда и попадала крыса.

Животное мгновенно замораживалось и охлаждалось почти до абсолютного нуля. При таких низких температурах химические реакции не идут. В руках экспериментатора оказывался мозг в том состоянии, какое он имел в момент осуществления условного рефлекса.

Шведский гистохимик Х. Хиден – большой энтузиаст изучения памяти. Еще 30 лет назад ему удалось установить, что в процессе возбуждения в нервных клетках усиливается воспроизводство и расход РНК и синтез белка. В его опытах крысята, чтобы добраться до пищи, должны были пройти, балансируя по проволоке, изрядное расстояние. Конечно, сначала они просто падали, не одолев и половины пути.

Говорят, голод не тетка. За четыре дня крысенок мог научиться тому, на что цирковые артисты затрачивают месяцы и годы. На пятый день четвероногие эквилибристы успевали за один час 15 раз проделать путь от старта до финиша. Тогда их убивали и, найдя в продолговатом мозгу центр равновесия, выделяли из него нервные клетки, получившие на-

звание клеток Дейтерса.



Оказалось, что в каждой из них было около 750 пикограмм РНК. У крысиных братьев, все последние 5 дней сидевших в тесной маленькой клетке, было всего 680 пикограмм, то есть почти на 10 процентов меньше. Мало того, сама РНК у «акробатов» была иная, чем у контрольных животных, она содержала аденина на 11 процентов больше, чем следует, и на столько же процентов меньше урацила.

Похожие результаты были получены на взрослых крысах. Эти зверьки во время еды держат корм в лапах. Среди крыс, как и среди людей, встречаются правши и левши. Хиден заставил праворуких крыс пользоваться во время еды левой лапой. Когда они этому научились, исследовали нейроны пятого и шестого слоев двигательной коры левого «необу-

ченного» и правого «обученного» полушарий, управлявших движением лап. В «обученных» клетках оказалось РНК на 5 пикограмм больше. В них было больше аденина, гуанина и урацила и меньше цитозина. У ничему не обучавшихся крыс никаких изменений в составе РНК не было.

Поверив, что РНК имеет непосредственное отношение к памяти, канадские ученые попытались с ее помощью восстановить память людей крайне преклонного возраста. У некоторых пациентов эффект был весьма неплох, беда в том, что он держался, только пока инъекции продолжались. Предвосхищая естественный вопрос, который, вероятно, возникнет у большинства читателей, скажу, что РНК была отнюдь не человеческого происхождения, а добывалась из дрожжевых клеток.

У животных, получавших РНК, память тоже улучшилась. Крыс учили по звонку вскакивать на перекладину. Зазевавшиеся получали за нерасторопность удар электрического тока. Если животным вводили РНК, обучение шло значительно быстрее.

Перечисленные выше эксперименты отнюдь не доказали участия РНК в процессах памяти. Увеличение ее количества могло быть всего лишь сопутствующим явлением, а благоприятный терапевтический эффект нетрудно объяснить простым пополнением фонда веществ, необходимых для интенсивного обмена.

К разработке химической теории памяти привлекла вни-

мание серия интригующих опытов на планариях, крошечных примитивных червях. Внешне они похожи на маленьких пиявочек. Форма переднего конца тела планарий напоминает миниатюрную головку. Здесь есть глаза, чаще две пары, и целая цепочка их по краю передней части тела. Однако все атрибуты головы этим и исчерпываются. Она не имеет ни головного мозга (казалось бы, непременной части головы), ни даже рта. Ротовое отверстие у них на брюхе, где-то в его центре или ближе к хвостовому концу.

Нервная система планарий состоит из нервных стволов, оплетающих тело. В местах их пересечения образуются нервные ганглии. Самый крупный ганглий находится возле глотки. Он управляет ее работой.

Планарии размножаются половым путем и делением тела. Когда им придет в голову воспользоваться последним способом, на их теле возникает одна, две или больше перетяжек, затем оно полностью разделяется, ранка подживает, на новом брюхе прорезается ротовое отверстие, а нервный узелок, оказавшийся ближе всего к глотке, приобретает некоторую степень главенства.

Я рассказал о размножении планарий специально, чтобы показать: регенерировать утраченный конец тела им несложно. Именно эта особенность планарий была использована для анализа интимных механизмов памяти. Опыты американских исследователей заинтересовали ученых всего мира. Образовав у планарий простейший условный рефлекс –

съеживаться при действии света, за которым следовал удар электрическим током, ученые рассекли подопытных животных пополам. Исследователи хотели выяснить, сохранится ли условный рефлекс после регенерации. Они полагали, что «обученная» нервная ткань с помощью каких-то химических веществ передает возникшим в процессе регенерации новым отделам нервной системы приобретенные знания. Рефлекс сохранился не только у животных, выросших из головного отрезка, но и из хвостового.

Иногда за время регенерации он мог исчезнуть. Две-три недели для крохотного червячка – огромный период, но после регенерации рефлекс вырабатывался намного быстрее, чем первоначально, и это является общепризнанным доказательством определенной степени его сохранности.

Позже опыт был усложнен. У планарий, регенерировавших из головного конца, отрезали переднюю половину тела и, дождавшись новой регенерации, выясняли состояние условного рефлекса. Эти планарии были совершенно новыми существами, в состав их тела не попало ни одного кусочка от некогда обученных животных. И все же у вновь созданных существ удалось обнаружить следы оборонительного условного рефлекса.

Сходные результаты были получены в нашей стране на амфибиях и насекомых. Их молодь проделывает сложный путь развития. У насекомых из яйца выходит личинка, мало похожая на родителей, которая растет, развивается, затем окук-

ливается. В это время происходят кардинальные перестройки всего организма. Когда они будут завершены, из куколки выходит на свет окончательно сформированное взрослое насекомое. У земноводных нет стадии куколки, но тем не менее они претерпевают метаморфоз с серьезной реконструкцией тела, в ходе которой сильно затрагивается и нервная система.

Вполне резонно было заинтересоваться, что же происходит во время этих кардинальных перестроек нервной системы с приобретенными навыками. Если они исчезают, вероятнее принять структурную теорию памяти, если сохраняются – химическую.

Исследования проводились как на аксолотлях, так и на личинках мучного хрущака. Они особенно интересны. В опыт брали личинку так называемого мучного червя, которую обучали в Т-образном лабиринте поворачивать налево или направо. Когда обучение завершалось, личинку оставляли в покое, давая возможность окуклиться. Вылупившемуся затем жуку предлагали прогуляться по лабиринту. На радость экспериментаторам жуки обнаружили неплохую память.

Результаты этих опытов проще всего понять, предположив, что у планарий и мучных хрущаков память «записывается» химическим путем. Молекулы – носители памяти, на которых записана информация, циркулируя по организму (во всяком случае, в период регенерации или метаморфоза),

оседают в регенерировавших частях тела, передавая юным участкам опыт и знания участков-ветеранов.

Ход рассуждений толкал ученых на поиски химических веществ – носителей памяти. Нужно подчеркнуть всю сложность поисков. Найти вещество памяти труднее, чем иголку в стоге сена. Чтобы убедиться в существовании химического пути передачи, проще всего взять какое-нибудь вещество из нервной системы обученных животных и ввести его необученным. Но что брать, как и куда вводить?

Блестящий выход из затруднительного положения предложил американский ученый Дж. Мак-Конелл. Видимо, он вспомнил обычай далеких предков – время от времени съесть старейших (а следовательно, и мудрейших) членов общины. Мак-Конелл, а за ним Корнинг и Джон кормили необученных планарий обученными.

Полученные результаты кому угодно могут показаться диковинными: планарии – каннибалы, поедавшие отягощенных жизненным опытом обученных сородичей, умнели, перенимая образованные навыки, а питавшиеся необученными соплеменниками по-прежнему оставались невежественными. Опыты Мак-Конелла породили в научных кругах больше насмешек и забавных анекдотов, чем новых теорий. У всех на устах были вопросы меню. Студенты поговаривали, что следует съесть своих профессоров.



Видимо, нескончаемый поток насмешек заставил Мак-Конелла провести новую серию более тщательно спланированных опытов. В этих экспериментах планарий обучали ползать в крохотном лабиринте в виде буквы Т. Одних при-

учали сворачивать в освещенный рукав и наказывали за забывчивость ударами электрического тока. Других – в темный коридор. Когда планарии прочно усваивали навык, ими (о черная неблагодарность!) кормили ничему не обучавшихся животных.

Как и хотелось экспериментаторам, планарии, съевшие своих собратьев, приученных к свету, предпочитали освещенные коридоры лабиринта, а съевшие приученных к темноте – чаще выбирали полумрак. Животные, отведавшие кашицы, приготовленной из разных количеств темно– и светлюбивых планарий, не приобретали каких-либо определенных склонностей. Более того, их оказалось очень трудно приучить выбирать какой-то один рукав лабиринта. Двойная информация, полученная животными вместе с пищей, мешала сделать собственное заключение о целесообразности различать коридоры по освещенности.

Опыты Мак-Конелла были повторены во многих странах, в том числе в Советском Союзе. Их результаты заставляют усомниться в большой целесообразности каннибализма. Планарии, съевшие своих собратьев, усваивали навык, но, увы, всего на три дня.

Я потому трачу столько времени на обсуждение каннибализма, что в научных кругах и вторая серия опытов Мак-Конелла была встречена без большого энтузиазма. Пища в процессе пищеварения подвергается серьезным воздействиям, и трудно представить, чтобы закодированная на биомолеку-

лах информация не была полностью уничтожена.

Однако желание найти химическое вещество – носитель памяти было столь велико, что исследователи придумывали все новые варианты опытов. Одни остались верны планариям. Исследователи пересаживали кусочки тела планарий, получивших образование, планариям-недорослям. Через 3–10 дней после операции их экзаменовали. Оказалось, что животные, которым были вживлены кусочки тела обученных планарий, содержащие значительные части окологлоточного ганглия, обнаруживали удовлетворительные знания. Напротив, при пересадке безнервных кусочков или частей тела необученных планарий животные-реципиенты не умнели.

Громадное количество сходных опытов проведено на крысах. Их обучали какому-либо навыку, затем убивали, приготавливали из мозга эмульсию, экстракт или извлекали РНК и вводили другим животным внутривентриально или в спинномозговую жидкость.

Скажу откровенно, сами авторы не могли объяснить, как химическое вещество, предполагаемый носитель памяти, найдет клетки, ответственные за выполнение изучаемых функций, и как, преодолев все преграды, проникнет в них. Энтузиазм исследователей оказался столь велик, что подобные вопросы их не остановили.

Как ни странно, опыты дали положительные результаты. Крысы-реципиенты, получившие известную толику обученных молекул из нервной ткани крыс-доноров серьезно умне-

ли и овладевали новым навыком гораздо быстрее, чем животные, не получившие химической информации. Некоторым вообще не требовалось специального обучения. Новые знания оказывались вложенными в их мозг как перфокарта со специальной информацией в счетно-решающее устройство.

С великим прискорбием вынужден сообщить: феноменальные успехи по трансплантации памяти у крыс не получили всеобщего признания. Специальная комиссия из 27 весьма авторитетных специалистов не подтвердила возможность переноса готовых знаний из одного организма в другой, как мы в библиотеке переставляем с полки на полку книги.

Ученые – люди одержимые. Отповедь авторитетной комиссии не заставила энтузиастов сложить оружие. Эксперименты продолжают. В США из экстракта мозга мышей, обученных избегать темноты, выделили белковое вещество пептид. После введения его необученные мыши начинали бояться темноты. Переносчик «темнотобоязни» состоит из 15 аминокислот и обычно находится в соединении с РНК.

Так как изучить порядок соединения 15 аминокислот оказалось трудно, ученые синтезировали несколько вариантов пептида и, испытав его на необученных мышах, отобрали наиболее эффективные. Пептиду присвоили название «скотофобии», что в переводе должно означать «мракострах». Он обладает универсальным действием. Золотые караси по-

сле введения им синтетического переносчика стали побаиваться темноты.

Успехи в химическом синтезе «знаний» могут иметь большое практическое значение. Во всем мире на рыбозаводах, где производят инкубацию икры и выращивание мальков ценных пород рыб, маленькие рыбешки, которые провели младенчество в тепличных условиях, не приобретают навыков бояться хищников и, выпущенные в природные водоемы, сотнями гибнут, расплачиваясь за свою наивность и необразованность. Устроить на рыбозаводе для мальков вуз, тем более индивидуально обучать каждого карасика бояться щуки, невозможно. «Щукострах», вводимый с пищей, очень пригодился бы рыбозаводам.

Получены новые наблюдения и о возможности перехода крупных органических молекул из клетки в клетку. Хотя механизм этого явления еще совершенно непонятен, удалось доказать, что РНК от одной мышечной клетки, выращиваемой искусственно в пробирке, легко переходит в соседнюю. Предполагается, что РНК может передаваться всему органу только путем последовательного перехода от одной соприкасающейся клетки к другой. Переноситься на значительные расстояния с токами межклеточной жидкости она не должна, так как в межклеточной среде много ферментов, способных очень быстро ее разрушить.

РНК разрушается под действием фермента рибонуклеазы. Если информация записывается на молекулах РНК, можно

уничтожить память, применив рибонуклеазу. Конечно, добраться до РНК, пока она находится внутри нервных клеток, нелегко. Зато в периоды серьезных пертурбаций, таких, как регенерация обширных частей тела или метаморфоз, больше оснований надеяться на успех.

Обученных, а затем разрезанных на две части планарий помещали в раствор рибонуклеазы на все время регенерации. Последующая проверка знаний показала, что животные, выросшие из головного конца тела, в котором оставался и окологлоточный ганглий, сохраняли навык, а образовавшиеся из хвостового отдела – его утрачивали.

Рибонуклеаза не смогла разрушить РНК в клетках окологлоточного ганглия, и память о предшествующих событиях не нарушалась. У планарий, выращенных из хвостового отдела, молекулы РНК с соответствующей информацией могли быть только во второстепенных нервных ганглиях. Вновь созданный окологлоточный нервный узел получить их не смог, а следовательно, такие животные не могли что-либо «помнить» из своей дооперационной жизни.

Рибонуклеаза не разрушает память, но препятствует ее проявлению и образованию. Пока планарии находятся в растворе рибонуклеазы, у них нельзя ни вызвать старый условный рефлекс, ни образовать новый. У пересаженных в чистую воду исчезнувший рефлекс через несколько часов сам собой восстанавливается и могут вырабатываться новые. Не сохранялся условный рефлекс и у мучного хрущака, если

обученной личинке перед метаморфозом впрыскивали рибонуклеазу.

Аналогичные опыты были повторены на мышах. Рибонуклеазу вводили в мозговое вещество больших полушарий. После этого зверьки забывали, куда в лабиринте следует бежать, а повторное обучение шло с трудом. Фермент, расщепляющий ДНК, введенный мышам в те же участки мозга, не нарушал ранее образованных навыков, но делал невозможным выработку новых. Антибиотик актиномицин С, который прекращает синтез РНК, также препятствовал образованию новых навыков.

Рибонуклеиновые кислоты каждого вида организмов имеют собственный, строго постоянный химический состав. Несмотря на огромные размеры молекулы, изменение расположения одного лишь нуклеотида сильно меняет ее свойства, так как в их последовательности закодирована информация, необходимая для синтеза белка. В результате в синтезируемом белке нарушается порядок аминокислот или его синтез прекращается.

В эксперименте удалось заменить один из нуклеотидов – изанин – на малопохожее вещество. Крысы, над которыми ученые так нехорошо подшутили, не утрачивали прочно выработанных навыков, но теряли способность чему-нибудь научиться вновь.

Полученные результаты дают основание предположить, что долгосрочная память кодируется с помощью белков. Об

этом же свидетельствуют и другие эксперименты.

Белые мыши боятся громких звуков. Исследователи постепенно приучили животных к звуковым воздействиям, а затем экстракт их мозга вводили необученным животным. Получившие экстракт быстрее привыкали к звуку, чем контрольные мыши. Если перед введением экстракт обрабатывали рибонуклеазой, которая должна разрушить РНК, благоприятный эффект сохранялся. Когда же экстракт подвергали воздействию протеолитического фермента, расщепляющего белки, он терял способность передавать навык мышам-реципиентам.

Число примеров, подтверждающих химическую природу памяти, можно значительно увеличить, однако все равно, подводя итог, мне придется констатировать, что хотя эта точка зрения весьма вероятна, но окончательно еще не доказана.

Такое заключение, по-видимому, не устроит тех, кому показалось заманчивым обучение, не требующее специальной затраты сил. Не следует отчаиваться. Кто знает, может, наши потомки доживут до такого времени, когда на полках книжных магазинов вместо аккуратных томиков будут стоять коробочки с пилюлями и родителям придется покупать своим детям микстуру «Пунические войны», порошки по политическому устройству стран Латинской Америки или набор таблеток «Полное собрание сочинений А.С. Пушкина».



Потребность читать отпадет. С романами Ремарка и Хемингуэя молодежь познакомит жевательная резинка. Школьных занятий и лекций в вузах не будет. Сроки обучения сократятся до минимума. Студентам технических институтов еще в самом начале обучения будет устраиваться грандиозный обед по сопромату, а медикам – банкет по анатомии человека. Один вечер – и труднейший материал усвоен.

Не обещаю, что все так и будет, но твердо знаю, процесс обучения удастся значительно облегчить. Имейте только терпение дождаться этого благодатного времени.

Волки и овцы

Неискушенному в биологических проблемах читателю может показаться, будто противоречия между химической и структурной теориями памяти так глубоки, что об их объединении не может быть и речи. Ф. Розенблат с этим не согласен. В 1967 году он предложил объединенную теоретическую модель памяти.

Поводом для ее создания послужили два наблюдения. Давно известно, что между концевой бляшкой нервного волокна и клеточной мембраной другого, куда она прикреплена, находится синаптическая щель, хорошо видная в электронный микроскоп. Ширина щели довольно постоянна, около 200 ангстрем.

О работе синапсов был уже разговор. Напомню, что исследователи умеют получать отдельные детали нервной ткани: мозговое вещество измельчают в ступке, превращая в однородную кашу, протирают через тончайшие сита, а затем центрифугируют. Можно подобрать такой режим вращения, что в осадок выпадут одни синапсы: концевые бляшки нервного волокна с кусочком клеточной мембраны, к которой они прикреплены.

Даже в очень хорошо разрушенном мозгу никогда не удастся найти синаптических бляшек, отдельных от мембраны. Значит, они прочно скреплены друг с другом. Но как это по-

нять, ведь на электронограммах отчетливо видна разделяющая их щель. Что же их соединяет?

В 1962 году Грею удалось увидеть стропила, удерживающие бляшку на поверхности клетки. В электронном микроскопе при максимальных увеличениях можно разглядеть короткие внутрисинаптические нити длиной около 100 ангстрем. Грей впервые обнаружил, что одни нити выходят из клетки, другие из бляшки, а посередине они соединены друг с другом серповидными сращениями. Розенблат счел возможным приписать им определенную роль в химической передаче памяти.

Его рассуждения шли таким образом. Пусть в каждом нейроне из 100 возможных генов, руководящих выработкой полипептидных фрагментов, есть 50. Используя различные комбинации этих фрагментов, можно построить такое огромное количество белковых структур, которое значительно превысит число нейронов головного мозга человека. Определенный запас кодонов (так в соответствии с терминологией генетиков были названы эти полипептидные фрагменты) всегда содержится в телах и отростках нервных клеток. В момент возбуждения нейрона кодоны выделяются в синаптическую щель.

Предоставленные сами себе, они оказываются очень нестойкими и быстро разрушаются под действием соответствующих ферментов. Иная судьба ожидает кодоны, если одновременно возбуждено два нейрона, соединенных между

собой синапсами. Предполагается, что кодоны разнородного происхождения обладают способностью соединяться друг с другом и вновь образованные агрегаты застревают между идущими параллельно нитями. Попавшие в «щель» между нитями кодоны не разрушаются и скрепляют нити.

Чем чаще происходит совместное возбуждение двух нейронов, тем большее число нитей связывает концевую бляшку одного из них с постсинаптической мембраной другого и тем прочнее эти нити скреплены. В постоянно функционирующих синапсах места соединения нитей постоянно ремонтируются и укрепляются. В нефункционирующих синапсах, напротив, ветшают, нити расходятся, а синапс распадается.

Вакантное место тотчас занимает какое-нибудь свободное нервное волокно. Судьба вновь возникшего синапса зависит от его активности. Сохранится только постоянно действующий синапс, а неактивный быстро разрушится, уступив место другому волокну. Таким образом, путем подбора нейронов, между которыми необходимо «поддерживать» связь, и кодируется память.

Описанная модель хорошо объясняет специфичность химического переносчика памяти. Каждый кодон способен соединяться лишь с нитями своей родной клетки. Для образования нового синапса необходим конгломерат из двух кодонов. Так как каждая группа родственных нейронов имеет свое химическое лицо (в этом сейчас почти никто не сомневается), то каждый конгломерат кодонов способен вызвать

образование синапсов только между соответствующими нейронами.

С посторонними нейронами они не соединятся. Зато взятые от другого животного кодоны в мозгу реципиента создадут новые синапсы, то есть перенесут определенные знания. Кодоны могут быть изготовлены в лаборатории, и искусственно синтезированная память помещена в мозг.

Модель позволяет составлять прогнозы, которые могут помочь дальнейшим экспериментальным поискам. Например, можно предсказать молекулярный вес кодонов, потенциально необходимый, чтобы закодировать все синапсы центральной нервной системы. Кодонами, построенными из 4 аминокислот, можно закодировать миллиард типов синапсов. В этом случае их молекулярный вес должен быть около 5 тысяч. Если кодоны созданы из большего числа аминокислот, их молекулярный вес может быть существенно меньше.

Не следует относиться к модели Розенблата как к чему-то вполне реальному. Ее цель – показать, что объединенную структурно-химическую теорию памяти можно реально представить. Сам автор подчеркнул, что вступил в область научного вымысла.

Вряд ли модель найдет большое количество сторонников, хотя идея хороша. В ее защиту мне хочется сказать следующее. Весьма обычно длительные и ожесточенные споры двух группировок ученых, предлагающих, казалось бы, непримиримые концепции для объяснения какого-нибудь физиоло-

гического механизма, кончаются не выбором одной из них, а созданием объединенной концепции, включающей обе точки зрения. Чем жарче научные дискуссии типа «или – или», тем чаще окончательное решение вопроса имеет тип «и... и...».

Архивариус нашего мозга

В 1887 году в Париже открылся очередной съезд невропатологов и психиатров. На нем необычайный успех имел доклад молодого, дотоле никому не известного русского врача С.С. Корсакова, сделанный вне программы. Доклад был посвящен описанию психоза, возникающего на почве хронического алкоголизма. Автор уделил большое внимание физиологической сущности заболевания.

Председательствующий от имени съезда поздравил русского ученого с крупным открытием, показавшим, что психозы являются болезнями мозга. Страшно подумать, но менее ста лет назад это еще нужно было доказывать. На следующем съезде заболеванию официально присвоили наименование корсаковского психоза. Под этим именем оно и вошло в мировую медицинскую науку.

Главные симптомы корсаковского психоза: расстройство запоминания, расстройство ориентировки во времени, конфабуляции и полиневрит. Отбросим полиневрит, здесь нас будут интересовать только три первых симптома. Они явно взаимосвязаны. В их основе расстройства памяти на недавние события.

Больной не в состоянии запомнить даже самых обыденных вещей. Он не знает, обедал ли сегодня, многократно здороваются с врачом, так как забыл, что уже несколько раз с

ним встречался, не может запомнить имена больных, находящихся с ним в одной палате, не может даже приблизительно сказать, о чем был только что просмотренный фильм.

При такой забывчивости больному трудно следить за течением времени. Он не знает, какой сейчас год, месяц, день недели, число, час, так как забыл вчерашнее число и сколько было на часах, когда он смотрел на них последний раз. Тщательный анализ, проведенный под гипнозом, показал, что сам отсчет времени не нарушен. Больному можно внушить, что он должен позвонить по телефону через полчаса после окончания гипнотического сеанса, – и он выполнит волю гипнотизера. Нарушен лишь гносис времени – его узнавание.

Последний симптом – конфабуляции, то есть выдумки, – тоже связан с расстройствами памяти. Обычно больные стесняются своей забывчивости и стараются скрыть от окружающих этот дефект. Пойманные с поличным, они пробуют отшутиться, а припертые к стенке начинают врать, выдумывая всевозможные истории. Больной может рассказать врачу, что вчера был в концерте, о завтраке, каким накормила его утром жена, и о школьном сочинении дочери, а сам уже много месяцев безвыходно в клинике.

Виною вранья все та же память. Воспоминания о давно прошедших событиях сохраняются лучше, чем о текущих, но и в них больным разобраться трудно. Они не могут точно определить, когда происходили те или иные события. Отсю-

да естественная путаница в воспоминаниях.

Вранье больного с корсаковским психозом не имеет ничего общего с выдумками людей, подверженных галлюцинациям. Здесь нет ничего неестественного. Все когда-нибудь действительно случилось с ним или с кем-нибудь из его близких. Он просто путает, когда, с кем и в какой последовательности происходили события, с трудом извлеченные им из глубин слабеющей памяти.

При корсаковском психозе наблюдается множественное поражение различных отделов мозга. Особенно сильно страдает гиппокамп. Это послужило поводом считать его кладовой мозга. Повреждение гиппокампа всегда приводит к нарушению памяти. Об этом свидетельствуют десятки исследований.

Наиболее впечатляющи опыты на кедровках. Их родина – сибирская тайга. Когда в кедрачах созреют орешки, для птицы наступает страдная пора. С раннего утра и до позднего вечера трудится кедровка, делая запасы впрок. До наступления снегопадов она должна сделать запасы продовольствия. Всю долгую зиму, выкапывая в снегу глубокие норы, она будет питаться орехами, а весной выкармливать ими птенцов.

Прилежная кедровка успевает заготовить 70 тысяч орешков. Трудность не только в том, чтобы успеть наколупать их из шишек, надо еще надежно спрятать. Конечно, можно было бы найти подходящую яму или солидное дупло, но так поступать рискованно. Зимой в тайге кедровый орех – вели-

чайшая ценность. Любителей попользоваться даровыми кормами найдется сколько угодно – от крохотных полевок до хозяина тайги – медведя.

Вряд ли создание большой кладовой могло бы пройти незаметно. Поэтому кедровка прячет орешки небольшими порциями по 10–20 штук, зарывая их в землю или мох, засовывая за отставшую кору, под валежины и трухлявые пни. В результате получается до 6 тысяч кладовок. Держать в них запасы надежнее – все не разворуют, но как запомнить такую массу хранилищ, как их найти, когда землю припорошит снег?

С этой труднейшей задачей кедровки отлично справляются, помня в течение четырех-шести месяцев места своих кладовок. Приходится признать, что кедровкам присуща уникальная зрительная память, по объему значительно превосходящая человеческую. Для изучения памяти лучшего объекта не придумаешь.



Опыты с кедровками проводили прямо в тайге. В огромную клетку – вольеру по очереди выпускали птиц. В первом эксперименте в клетку ставили кормушки с орехами, и птицы немедленно приступали к сооружению кладовок, а экспериментаторам оставалось только тщательно регистрировать их расположение. Затем птицу отсаживали на несколько часов или дней, и когда она вновь возвращалась в вольеру, кормушки уже не было. Чтобы не умереть с голоду, кедровкам приходилось разыскивать свои запасы. Делали они это блестяще, птицы вспоминали 90 процентов своих кладовых.

Удаление гиппокампа не уменьшило прилежания птиц. Оперированные кедровки делали запасы так же усердно, как и здоровые, но запомнить места своих кладовок не могли. Проголодавшись, птицы рылись во мху. Случалось, в конце концов натывались на свои или чужие хранилища. Однако

сразу было видно, что орехи найдены случайно.

Неоперированные птицы попусту в лесной подстилке не рылись. Они сразу находили корм, как будто только что его там спрятали, и никогда не брали чужих орехов. Не из честности, конечно, просто они и не подозревали о чужих запасах.

Гиппокамп связан с памятью, но не он служит кладовой мозга. Он всего лишь перевалочный пункт или транспортер, с помощью которого информация передается на хранение в другие отделы мозга. Порядочная хозяйка не тащит себе в кладовку все, что попало. Она отбирает для хранения только вещи, которые наверняка понадобятся. А как поступает мозг? Где, какой отдел заведует отбором материалов, направляемых в архив?

Возможно, архивариусом служит гиппокамп. Есть предположение, что для запоминания обязательно нужна его санкция. Здесь обнаружены нейроны, отвечающие активностью только на первые предъявления новых раздражителей, новых ситуаций. Стоит несколько раз повторить раздражитель, и нервные клетки гиппокампа перестают на них реагировать. Особенно сильной реакцией отвечают нейроны на раздражители, имеющие для животного важное значение. Вот, видимо, что является критерием для принятия гиппокампом решения. Новый, не имеющий значения раздражитель, может вызвать лишь мимолетную реакцию. Значит, гиппокамп не дал санкции на хранение информации и крат-

ковременная память не перейдет в долгосрочную.

Киностудия «Морфейфильм»



Законодательство Суффолка

В графстве Западный Суффолк (Великобритания) существует закон, согласно которому наказывается штрафом всякий читатель публичной библиотеки, если ему случится невзначай задремать над скучной книгой. Специальный служащий обязан неусыпно следить за строжайшим исполнением закона. Хотя обложение налогом сонь приносит немалый доход публичной библиотеке Суффолка, он не получил на Британских островах всеобщего распространения.



Библиотечные работники Кембриджского университета значительно демократичнее. Они не только не гонят тех, кто клюет носом, но даже не подвергают репрессиям уснувших. Ведь спящий человек, если он не храпит, ничем не мешает

окружающим.

В Кембридже считают гораздо опаснее зевающих читателей. Мало того, что зевота нарушает торжественную тишину читальных залов, она, как известно, весьма заразительна. Давно необходим штраф для зевающих, но его учреждению помешали разногласия. Библиотекари не смогли решить, облагать ли штрафом зевающего читателя или взыскивать оный с автора книги как с первопричины зла.

Читатели, естественно, за второй вариант. Работники библиотеки не могут с ним согласиться. Они опасаются, что законодательство в конце концов доберется и до них. Так как далеко не все авторы английские подданные и взыскать с них штраф окажется невозможно, проще штрафовать библиотекаря за комплектацию фондов скучными произведениями.

То, что скучная книга может вызвать сон, заметили очень давно, задолго до возникновения книгопечатания.

В настоящее время мы гораздо лучше знаем о внешних причинах наступления сна, таких, как слабые, монотонные воздействия, чем об истинных механизмах его возникновения.

Древние греки были в лучшем положении. Они вполне определенно знали, что сном заведует бог Гипнос. Его мать богиня ночи Никс, сестра и жена Эреба (олицетворяющего одно из начал мира – вечный мрак), живущая в Аиде, ежедневно покидает его через западные ворота и с двумя младенцами-близнецами на руках – Гипносом и Танатосом от-

правляется по миру, творя ночь.

Младенцы тоже не теряют времени даром. Гипнос погружает людей в сон, а его несравненно более злой братец, бог смерти Танатос, готовит новые кадры для Аида. Близнецы – дружные ребята. Даже верховные боги во главе с самим Зевсом вынуждены считаться с молокососами. Могущество Гипноса так велико, что боги ему подчиняются, спят. А Танатоса, хоть тот над ними не властен, они смертельно ненавидят.

Греческая легенда о детях Никс отражает представления древних о единстве сна и смерти. Мы к ней еще вернемся.

Сын Гипноса Морфей более благожелателен к людям. Он творит всего лишь сновидения. Характер у него весьма непостоянный. Сегодня он может подарить жуткий сон, довести вас до холодного пота, а завтра уведет в райские кущи.

Научных теорий сна немало. Их число перевалило за 60. Нужно признать, что научный вес большинства немногим выше греческой легенды. Пока не определено даже, что такое сон. Сейчас ученые вынуждены ограничиться примерно такой формулировкой: сон – это особое периодически возникающее состояние, обеспечивающее восстановление способности мозга к бодрствованию.

В чем состоит восстановление, пока неясно. Большинство специалистов склоняется к тому, что нервные клетки в период сна пополняют расход наиболее важных для жизнедеятельности нейрона веществ.

С этой гипотезой не согласен Шапиро. Он считает, что мозг не успевает справиться с информацией, поступающей в течение дня. Чтобы ее переработать, систематизировать, сопоставить с ранее заложенной в память, нужно время и оптимальные условия работы. Поэтому мозг, получив должную порцию, прекращает текущие дела и начинает подводить итоги.

Вряд ли только в этом сущность сна, но доля истины в предположениях Шапиро, несомненно, есть. С наступлением сна работа мозга не прекращается.

Я не буду пересказывать все теории. Их, как и большинство идей в физиологии, можно сгруппировать вокруг двух основных направлений: гуморального и нервного происхождения сна.

К первой группе гипотез относится токсическая теория. В течение дня в мозгу накапливаются ядовитые продукты, оставшиеся от обмена веществ. Шлак обмена, мусор, который нужно удалить. Видимо, мозг вырабатывает специальные снотворные вещества – гипнотоксины. Возможно, они вырабатываются во всех органах и тканях, занятых работой. Когда этих веществ становится слишком много, мозг бросает свои обычные дела и устраивает «санитарный час», чтобы произвести генеральную уборку.

Подтвердили эту теорию около 60 лет назад французские ученые Пиерон и Лежандре. Они взяли кровь у собаки, которой несколько дней подряд не давали спать, и ввели ее в

кровеносное русло другой через два часа после пробуждения от ночного сна. Как ни странно, хорошо выспавшаяся собака тотчас заснула. Аналогичный эффект вызывает спинномозговая жидкость невыспавшихся собак.

Сильным снотворным действием обладает экстракт мозга животных, находящихся в состоянии зимней спячки. Он способен усыпить не только родственных животных, но даже у кошек и собак вызывает длительный сон. Обычные гипнотоксины также носят универсальный характер. Недавно из спинномозговой жидкости коз удалось получить вещество, которое усыпляет крыс. Когда животных лишали сна, его содержание в спинномозговой жидкости значительно возрастало в первые 24 часа, но в дальнейшем уже не менялось.

Кроме гипнотоксинов, из спинномозговой жидкости удалось извлечь вещество с прямо противоположным эффектом. Интересно, что вещество бодрствования может быть получено как от животных, хорошо выспавшихся, так и после многих бессонных ночей.

Многие экспериментальные факты не укладываются в гуморальную теорию. Главный из них – наблюдения за сросшимися близнецами (и за животными с искусственно соединенной кровеносной системой, так сказать, искусственно сшитыми). Сиамские близнецы, имеющие отдельную нервную систему и общее кровообращение, спят как трехглавый Змей Горыныч Кашея Бессмертного: одна голова спит, другая дремлет, третья на посту.

Значит, роль гипнотоксинов в ежедневной смене сна и бодрствования невелика.

Одна из нервных теорий предполагает, что сон особое состояние заторможенности, которое наступает от безделья. Когда организм после дневных трудов устает, мышцы нашего тела расслабляются, особенно если мы к тому же приляжем, и перестают слать в мозг свою обычную информацию о степени напряжения и о проделываемой работе.

Мышечная информация составляет весьма значительную часть от общих сведений, получаемых ежеминутно мозгом. Лишившись ее, мозг впадает в прострацию, засыпает. В конечном итоге усталость приводит к прекращению потока информации и от других органов чувств.

Усталая мышца века расслабляется, и оно закрывает глаз. Расслабление мышцы, натягивающей барабанную перепонку, ограничивает поток звуковой информации и т.д. Известная доля истины есть и у этой теории. Ограничение потока информации действительно способствует погружению в сон, но явно не является главной причиной.

Наиболее спорны и менее понятны теории, пытающиеся найти командные центры сна. Когда накопилось достаточно много сведений о локализации в мозгу различных функций, исследователи невольно задумались, нет ли специальных центров, управляющих сном. Ответ на этот вопрос дал Гесс. Погрузив электроды в заднюю часть гипоталамуса и пропустив через них ток, он мог вызвать у животного сон в

любое время дня и ночи.

Сходной точки зрения придерживаются клиницисты. Поскольку существуют заболевания мозга, сопровождающиеся либо усилением сна, либо его расстройством, можно, выявив пострадавшие участки, узнать, где находится центр, управляющий сном. Невропатологи пришли к выводу, что существует два мозговых центра заведующих сменой сна и бодрствования. «Центр сна» ответствен за наступление и поддержание сна. «Центр бодрствования» – за пробуждение и поддержание активного состояния.

В нашей стране в течение многих лет наибольшим признанием пользовалась павловская теория сна. Павлов и его ученики не раз замечали наступление дремотного состояния или сна экспериментальных животных во время опыта. Собаки засыпали в самых различных ситуациях. Общим было одно: распространение тормозного процесса на значительные участки коры больших полушарий. Когда большая ее часть окажется захваченной тормозным процессом, наступит сон. Таким образом, сон по Павлову – это торможение нервных клеток, начинающееся в коре и отсюда распространяющееся на другие структуры.

Еще на заре возникновения учения о высшей нервной деятельности И.П. Павлов заметил, что нервные клетки весьма ранимы. Любое значительное усиление их деятельности, любое сильное внешнее воздействие может привести к их гибели. Этого не происходит потому, что клетка затормаживает-

ся, отключаясь от всего стороннего, и тем самым сохраняет свою жизнь. Таким образом, тормозной процесс выполняет еще и охранительную роль.

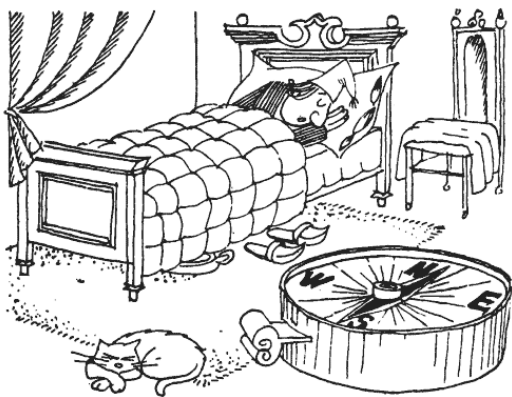
По мере выполнения дневных трудов в нашем мозгу накапливается все больше клеток, истощивших свои ресурсы, но спасенных с помощью торможения. К вечеру в коре больших полушарий возникает уйма микроскопических очажков тормозного процесса. Постепенно они увеличиваются, сливаются, захватывая огромные территории, и мы засыпаем.

Ложась вечером в постель, мы освобождаем множество мышц от обязанности поддерживать вертикальную позу, а мозг от потока информации о выполняемой ими работе, лишая двигательную область коры больших полушарий способности сопротивляться тормозному процессу. Точно так же мы поступаем со зрительными областями мозга, закрывая глаза. В общем, стараемся освободить его от работы и дать дорогу тормозному процессу.

Для наступления сна большое значение имеет привычка ложиться в определенное время, принимать определенную позу, то есть участие в его развитии условно-рефлекторных механизмов. Наш ночной сон – это условный рефлекс на время и на обстановку. Каждый, вероятно, по собственному опыту знает, как трудно подчас заснуть в незнакомом месте и в неурочное время, даже если мы «пересидим» урочный час, увлекшись каким-нибудь занятием.

Для некоторых людей обстановка очень важна. Диккенс,

например, в любой гостинице переставлял свою кровать так, чтобы его голова смотрела точно на север, а ноги на юг. Не берусь судить, откуда у великого писателя возникла столь странная привычка.



Существование условнорефлекторного сна было замечено еще в павловских лабораториях. Собака, которую экспериментатор частенько «доводил» до сонного состояния, засыпала, как только ее вводили в экспериментальную камеру и ставили в станок. У собаки можно выработать условный рефлекс сна, сочетая звонок с электрическим раздражением сонного центра. Через некоторое время звонок станет вызывать сон.

Существующие теории сна очень сильно отличаются друг от друга. Лет тридцать назад казалось, что эти противоре-

чия никогда не удастся преодолеть. Развитие электрофизиологических исследований помогло сблизить различные точки зрения. У одного и того же субъекта сонные очаги в одних случаях раньше возникали в коре, в других случаях – в подкорке, то есть ближе к центру сна. Гипнотоксины, погружая животное в сон, воздействуют прежде всего на центры сна. Раздражение центра сна, в свою очередь, способствует выработке гипнотоксинов. В опыте на сросшихся близнецах сначала засыпало животное, у которого раздражали центр сна, а затем – его партнер. Кровь, взятая от животного, заснувшего под воздействием электрического раздражения центра сна, в состоянии усыпить другое.

Сон – явление всеобщее. Все живые существа нуждаются в сне. Правда, мы до сих пор не знаем, спит муравей, когда ночью лежит, раскинув лапки, у себя в подземелье, или это просто состояние бездеятельности. Тем более нам трудно заметить дремотное состояние у медузы. Время от времени выдвигаются предположения, что некоторые животные обходятся без сна. В этом подозревают жвачных из-за того, что бедняжкам весь день приходится щипать траву и всю ночь ее пережевывать, отрывивая из желудка отдельными порциями и вновь возвращая назад зеленую кашу.

Второй кандидат, причисленный к лику неспящих, – акула. У нее не существует специального приспособления для циркуляции в жабрах воды. Чтобы вода хорошо омывала жабры, акула должна быстро двигаться. Несомненно, что в

создании легенды о жестоком недремлющем хищнике значительную роль сыграли суеверные моряки.

Нет животных, не умеющих спать, зато у некоторых мозг спит дробно. Уже давно замечено, что сон может не захватывать полностью мозг. Какие-то его участки продолжают работать. Охотники знают, что к спящему зверю подкрасться легче, чем к бодрствующему, но... малейший неосторожный звук, – и сна как не бывало. Пока животное спит, сторожевой пункт в его мозгу прислушивается, не возникнет ли вдруг новый незнакомый звук. Привычные звуки – шум дождя или журчание ручья – зверя не будят.

Такие же сторожевые пункты возникают в мозгу людей. В старину лежебока-мельник отлично спал под скрип жерновов, но тотчас просыпался, если в работе механизма возникли перебои. Усталая мать спит так крепко, что ее не разбудит ни гром небесный, ни радио, заговорившее в шесть часов утра, но стоит младенцу чуть пикнуть – и она у его колыбели.

Настройка сторожевого пункта может быть удивительно узкой. Однажды на Украинском фронте расположение батареи, где мне довелось служить, накрыл шквал артиллерийского огня противника. Тяжелые снаряды точно ложились в цель. Через полчаса у нас не осталось ни одного целого орудия, ни метра не взрытой воронками земли.

Когда налет кончился, командир батареи пошел собирать оставшихся в живых солдат. У моего обрушившегося окопчика он даже не остановился, не видя там признаков жизни,

но все же окликнул по фамилии. К его изумлению, из-под комьев земли и груды мусора, занесенных в траншею взрывной волной, тотчас же поднялась моя голова. Еще больше удивился я, увидев картину страшного разрушения.

Все время, пока длился артиллерийский обстрел, я блаженно спал в своем окопе. Снаряды, рвавшие, можно сказать, прямо над головой, меня не разбудили. Даже сон неприятный не приснился, а негромкого окрика оказалось достаточно, чтобы я проснулся. Видимо, мой сторожевой пункт был точно настроен на тембр командирского баска.

Сторожевые пункты часто возникают в двигательных областях мозга. Это позволяет нам спать сидя. Опытные кавалеристы отлично спят в седле. Можно спать на ходу. Усталым пехотинцам иногда удается вздремнуть на марше. Особенно хорошо это делать в строю, когда ногам задан привычный ритм, а локоть чувствует локоть соседа.

Птицы умеют спать на лету. Птицы, находящиеся в середине каравана, безмятежно спят. Теперь стало ясно, для чего аисты меняются в полете местами. Миниатюрные магнитофоны, которыми птицы были снабжены, рассказали, что держаться в строю им помогают звуки, идущие от передних и задних птиц. Аист, если захочет вздремнуть на лету, должен иметь в своем маленьком мозгу, по крайней мере, два работающих пункта в двигательной и звуковой областях.

Руководить ритмичными движениями нетрудно. У человека во время сна работают диафрагма и грудные мышцы,

без чего мы, как остановившаяся акула, могли бы задохнуться.

Сколько нужно спать, чтобы мозг полностью восстановил свои силы? Большинство медицинских руководств советует для взрослых шести-восьмичасовой сон. Восемь часов – треть суток. Треть жизни – это роскошь. Размер необходимого сна отчасти связан с привычкой. Человек может научить собственные нейроны быстрее восстанавливать силы. Известно, что много выдающихся деятелей науки и искусства: Бехтерев, Гумбольдт, Гёте, Шиллер, Мирабо, Наполеон отводили для сна не более пяти часов в сутки. Утверждают, что Эдисон спал всего два-три часа.

Люди со сниженным интеллектом, напротив, спят много. Неясно, снижение интеллекта приводит к увеличению продолжительности сна или чрезмерная его длительность значительно сокращает время, необходимое для развития интеллекта. Вероятно, зависимость обоюдная.

Широко распространено мнение, что перед сложными или трудными делами не мешает особенно хорошо выспаться. Это неверно. Опыт, проведенный на американских студентах, проспавших вместо привычных 7,1 на два часа больше, показал, что счет, выполнение двигательных навыков, обнаружение зрительных и звуковых сигналов на фоне шума они производили значительно хуже, чем в обычные дни. Это следует иметь в виду. Спите досыта, но знайте меру.

Продолжительность сна животных зависит от многих об-

стоятельств. В центральных и южных районах европейской части Советского Союза живет маленький зверек, ужасный любитель поспать. Его так и называют соней. День это очаровательное существо проводит в дупле, погруженное в беззаботный сон, и только с наступлением темноты просыпается на два-три часа, чтобы немного поразмяться и отобедать. Очень много спят наши домашние животные, им не приходится тратить время на поиски пищи. Собака, которую заперли в квартире, уйдя на работу, проспит до возвращения хозяев, а позже, ночью, от них не отстанет.

Большинство птиц спит всю темную часть суток. Лишь весной в брачный период у них наступает бессонница, и они поют в сумерках на вечерней и утренней заре, а на Севере и всю ночь напролет.

Меньше всех спят обжоры. Крот за день должен насобирать такую прорву червей и насекомых, что большую часть суток проводит в трудах и заботах, оставляя для сна около пяти часов.

По характеру сна животные делятся на дневных и ночных. Хотя люди относятся к дневным тварям, многим легче работается во вторую половину дня, вечером или даже ночью. Такие субъекты с трудом просыпаются и еще труднее засыпают. Другая часть людей быстро и легко встает с постели, очень интенсивно работает первую половину дня, а вечером с удовольствием забирается в постель. Работать ночью для них сущее несчастье. Это связано с врожденными особенно-

стями ритма нашего сна, изменить который человек невластен.

Маленькие дети и домашние животные спят по нескольку раз в сутки. Есть звери, которые дробят свой сон на более мелкие порции. Ластоногие имеют отрицательную плавучесть, поэтому спать, лежа у поверхности воды, не могут. Когда у них нет возможности вылезти на берег или лед, им приходится регулярно всплывать, чтобы глотнуть разок-другой свежего воздуха. Так по три-четыре минуты спит на дне северный морской слон.

Выспаться всласть им не удастся и на твердой постели. Нерпа, выбравшись на лед, спит всего две-три минуты, потом поднимает голову, оглядывается по сторонам и, убедившись, что опасности нет, снова засыпает на те же две-три короткие минуты.

Позы во время сна могут быть самыми причудливыми. Это не только дело привычки, но и врожденное свойство. Случается, что представители нескольких поколений одного семейства принимают во время сна одинаковую позу. Итальянские психологи считают, что поза спящего человека раскрывает отдельные черты его характера.

Животные принимают более экзотические позы. Летучие мыши и один вид маленьких попугайчиков спят вниз головой. Не следует считать это следствием плохого характера. Слоны спят на животе, опираясь на бивни. Самцы козорогов закидывают голову назад, чтобы опереться рогами о землю

и хоть на время сна избавиться от постоянного бремени.

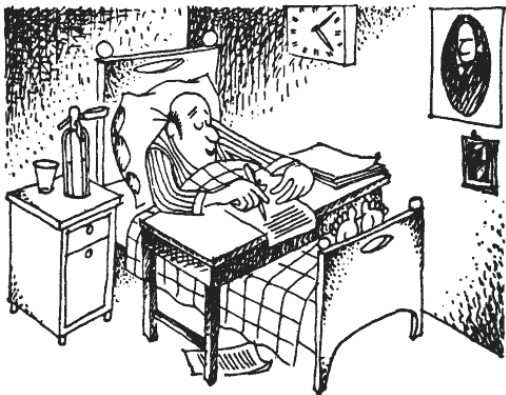
Очень неожиданными оказались причудливые позы спящих рыб. Кусто, путешествуя ночью во владениях Нептуна, к своему крайнему удивлению, обнаружил, что крупные рыбы могут спать на боку, да так крепко, что их с трудом удавалось растолкать.

Учитесь видеть сны

«Учитесь видеть сны, джентльмены», – писал известный немецкий химик Ф. Кекуле. В 1865 году он сделал выдающееся открытие – установил структурную формулу бензола. Ученый рассказал, что эта идея, имевшая для органической химии кардинальное значение, пришла ему в голову во время сна.

Кекуле снился бал. Молекулы химических веществ кружились в вихре танца. Некоторые из них были похожи на змей. Вдруг одна из причудливо извивающихся молекул захватила в рот свой хвост. Достаточно было мгновенья, чтобы мозг Кекуле осознал, что в кольцевой форме кроется объяснение загадочных свойств бензола, которые не удавалось понять.

Мемуарная литература ученых изобилует рассказами об открытиях, сделанных во сне. Наш мозг нередко продолжает ночью работу, начатую днем. Для творческих работников вечное перо и записная книжка на прикроватной тумбочке предметы отнюдь не лишние. Ночную работу мозга следует брать на вооружение.



Влияние сновидений на темпы развития нашей цивилизации имеет и другой аспект. Кто знает, не была ли идея ковра-самолета или транспортного помела для некой сеньоры из домика на курьих ножках подсказана сказителю во время сна. Трудно переоценить значение подобных сказок для возникновения мыслей о создании летательных аппаратов.

Сновидения могут оказаться серьезным подспорьем для решения трудных вопросов. Когда мы попадаем в объятия Морфея, наш разум освобождается от ограничений скучной реальности, вырываясь из рамок привычных понятий и представлений.

В мире снов все возможно. То, что наяву никогда не пришло бы в голову, то, что мы отвергли бы, ни на минуту не задумываясь, как абсолютно невероятное, во время сна принимается как должное. Между тем кажущееся первую минуту

совершенно невозможным, после зрелого обдумывания может представляться не таким уж безумным. Настоящий ученый должен уметь ценить безумные идеи.

Чтобы не быть голословным, сошлюсь на авторитеты. Физик-теоретик Ф. Дайсон в своей книге «Новаторство в физике» пишет: «Большая часть ниспровергающих основы статей, которые направляются в журнал „Физическое обозрение“, отклоняются редакцией не потому, что их нельзя понять, а именно потому, что их можно понять. Те, которые понять нельзя, как правило, печатаются. Великое открытие, когда оно только что появляется, почти наверняка возникает в запутанной, неполной и бессвязной форме. Самому открывателю оно понятно только наполовину. Для всех остальных оно полная тайна. Поэтому любое построение, которое не кажется на первый взгляд безумным, не может иметь надежды на успех».

Сходных взглядов придерживался и Бор. В 1958 году в Нью-Йорке в дискуссии по поводу докладов Гейзенберга и Паули он сказал: «Все мы согласны, что ваша теория безумна. Вопрос, который нас разделяет, состоит в том, достаточно ли она безумна, чтобы иметь шансы быть истиной. По моему, она недостаточно безумна для этого».

Не многие умеют пользоваться дарами Морфея. Немало людей, особенно мужчин, утверждают, что вообще не видят сновидений. Это глубокое заблуждение. Все здоровые люди регулярно видят сны, но, проснувшись утром, о них не

помнят. Обычно достаточно десятиминутного крепкого сна, чтобы воспоминания о сновидении полностью стерлись.

Хорошо помнят сны люди, спящие неглубоко. Возможность вовремя проснуться или запомнить сновидение связана со сторожевыми пунктами. Они могут возникнуть у человека, увлеченного своей работой. Сделать научное открытие во время сна способен лишь человек, который остается ученым все 24 часа в сутки – и на работе, и дома в своей постели. В этом смысле об умении видеть сны и писал Кекуле.

Спешу утешить людей, не умеющих видеть сны: возможно, ценность сновидений невелика, а выполненная мозгом за ночь работа не пропадает даром, даже если о ней не осталось прямых воспоминаний.

Некоторые ученые считают, что смысл сна не в осуществлении особых биохимических реакций, связанных с восстановлением клеток мозга, а в потребности сновидений. Возможность каждую ночь временно «сходить с ума» спасает наш мозг от настоящего сумасшествия. Неизвестно, нужны ли мозгу сновидения для чего-то определенного или он просто развлекается драматургической деятельностью: сам сочиняет, ставит, сам смотрит. Удалось выяснить лишь, что они появляются только в определенные периоды сна, совершенно необходимые для настоящего отдыха.

В 1934 году Б.В. Андреев обнаружил, что у спящего человека вдруг возникают быстрые движения глазных яблок. Именно в эти моменты ему снятся сны. Более 20 лет наблю-

дения Андреева не привлекали ученых. Сочли, что движения глаз возникают, когда человек начинает просыпаться.

Обычный сон проходит несколько этапов. Сонливость (А) сменяется стадией легкой дремоты (В), затем неглубокого сна (С). На протяжении следующих двух стадий D и E сон углубляется и возникает последний период «быстрых движений» глаз. В это время происходит задержка дыхания, аритмия пульса и возникают двигательные реакции продолжающего спать человека. Сон в этот момент очень крепок, хотя на первый взгляд такого впечатления не возникает.

Во время каждой стадии происходят весьма характерные изменения электрических реакций мозга, что позволяет их четко разделять. За отсутствие сходства с глубоким сном стадию быстрых движений глаз назвали парадоксальной.

Длительность каждой стадии зависит от многих причин. У нормального человека наиболее продолжительна стадия С. На нее падает более половины сна. Второе место занимает парадоксальная стадия, а самой короткой является стадия D. В течение ночи каждая стадия возникает по нескольку раз. Они появляются в обычной последовательности в виде отдельных циклов: А – В – С – D – E – Rem (сокращение от «rapid eye moving» – быстрые движения глаз) – С – D – E – Rem – С – D – E – Rem и т. д. Продолжительность каждого цикла около 1,5 часа. За ночь успевает пройти четыре-пять циклов.

Ценность отдельных стадий не равнозначна. После дли-

тельного лишения сна в первую очередь увеличивается стадия E. Возможно, она самая важная. Однако, если человека лишить парадоксальной стадии (а это сделать нетрудно, стоит только будить спящего всякий раз, как она наступает), он не будет чувствовать себя выспавшимся. Значит, парадоксальный сон тоже необходим.

Лишение парадоксальной стадии переносится ничуть не легче, чем полная бессонница. При этом у людей возникают серьезные психические расстройства. Однако кошки переносили 70-дневное лишение парадоксальной стадии и оставались живы. Полное лишение сна, в пять-шесть раз менее продолжительное, было бы для них смертельно.

Итак, парадоксальная стадия – весьма необходимая составная часть сна. Человек, лишенный парадоксального сна, стремится при первой возможности наверстать упущенное. В первую ночь у испытуемого наблюдается, как обычно, четыре-пять циклов сна. Его приходится будить всего четыре-пять раз. Во вторую ночь стадия парадоксального сна наступает чаще, и будить приходится 5–10 раз, на третью ночь – уже 10–20 раз, а на четвертую – 23–30. Если теперь прекратить мучить испытуемого, дав ему возможность отоспаться, в первую очередь возрастет продолжительность парадоксального сна.

Ежедневно мешая человеку спать парадоксально, можно заметить, что количество стадий со сновидениями увеличивается главным образом в последней трети ночи. Организм

ощущает острую потребность наверстать упущенное, но пытается это сделать, не ломая общего ритма сна. Когда же наконец представится возможность выспаться, парадоксальная стадия занимает до 60 процентов сна. Это предел. Сколько бы дней человека ни лишали возможности ею наслаждаться, она не увеличится. Зато потом потребуются несколько ночей, чтобы наверстать упущенное.

Человеческий зародыш поначалу не умеет ни спать, ни бодрствовать. Он научится этому за месяц до рождения. У новорожденных детей сон уже имеет сходство со сном взрослого человека. Он состоит из нескольких стадий, но только парадоксальная полностью похожа на парадоксальную стадию взрослых. Остальные стадии сна, часто называемые медленным или ортодоксальным сном, формируются, начиная со второго месяца жизни. Сначала стадия E, месяцем позже стадия D. Для формирования стадии C требуется 2–3 года, а стадии A и B окончательно созревают лишь к 8–10-летнему возрасту.

Продолжительность цикла и каждой стадии с возрастом меняется. У маленьких детей весь цикл заканчивается за 50–60 минут. Стадия E, начиная с совершеннолетия, постепенно сокращается и к концу жизни уменьшается в два раза.

Сон высших животных также делится на ортодоксальный и парадоксальный. Спать парадоксально умеют голуби, куры, галки, мыши, крысы, кролики, овцы, кошки, собаки, обезьяны, то есть высшие животные. Низшим это не дано. Ни

рыбы, ни лягушки спать парадоксально не умеют. Впервые короткие периоды парадоксального сна появляются у рептилий. Их обнаружили у ящерицы – гребенчатого шипохвоста из южных районов Северной Америки.

Видят ли при этом животные сны, сказать трудно. Об этом даже попугая не спросишь. Вероятно, все-таки видят. У собаки во время сна вздрагивают лапы. Временами она повизгивает то жалобно, то радостно, а иногда скулит или даже рычит.

Мой спаниель после удачной охоты, устав за целый день беготни по лесам и болотам, с трудом добредает до электрички и тут же засыпает как убитый, радостно повизгивая во сне. Напротив, если дичь была, но я мазал, он во сне взвизгивает с надрывом и отчаянием в голосе, повторяя те же интонации, что и два часа назад на окраине болота, когда гнался за тяжело взлетевшей кряквой, в которую я не попал. Складывается представление, что во время сна животные «переживают» события истекшего дня. К сожалению, проверить это невозможно.



Продолжительность парадоксального сна зависит от уровня развития животных. У птиц эта стадия длится всего несколько секунд. У взрослых она занимает 0,2 процента, а у птенцов – 0,6 процента общей продолжительности сна. У

млекопитающих парадоксальный сон более длительный – 4–30 процентов. Морские свинки и овцы, спящие достаточно много, удовлетворяются четырьмя-пятью процентами парадоксального сна. Крот, страдающий вынужденной бессонницей, спит парадоксально четвертую часть своей ночи. Крупные хищники, которым, как правило, некого бояться, спят долго, причем четвертую часть парадоксально.

Зверьки поменьше, особенно те, кто не может надежно укрыться в глубокой норе, дупле, под камнем или на дне водоема, спят плохо. Парадоксальный сон самый глубокий. Так спать опасно, им не до снов. Павианы, ночующие на земле, избегают впадать в парадоксальный сон, а макаки, устраивающиеся на ночь высоко в кронах деревьев, с удовольствием смотрят сны, спят парадоксально в 3–4 раза дольше.

Продолжительность циклов сна связана с размером животных. Она зависит от интенсивности обмена веществ. Чем животное крупнее, тем длительнее циклы: у маленьких мышек 7–13, у кошек 20–40, обезьян 40–60, человека 80–90, у слона 120 минут.

Новорожденные детеныши, как и человеческие дети, умеют спать парадоксально. У незрелорождающихся животных, таких, как котята, сразу после рождения периоды парадоксального сна следуют один за другим, прерываясь лишь на короткое время. Должно пройти немало времени, чтобы периоды ортодоксального сна, постепенно увеличиваясь, выросли в общей сложности до 70–75 процентов. Только у зре-

порождающихся животных, таких, как ягненок, они обнаруживаются уже в первые дни жизни.

Центр, управляющий парадоксальным сном, находится на границе между головным и спинным мозгом. Раздражая его во время естественного сна электрическим током через специально вживленные электроды, можно вызвать парадоксальную стадию. Наоборот, хирургическое разрушение уничтожает парадоксальный сон и приводит оперированное животное к гибели.

Наступление парадоксального сна вызывает медиатор серотанин, накапливающийся в мозгу во время обычного сна. Таким образом, серотанин – не простой медиатор, а истинный стимулятор, режиссер и постановщик сновидений. Вероятно, с его помощью можно было бы увеличить количество и, продолжительность сеансов в кинематографе «Морфей».

Во время сна значительно увеличивается кровоснабжение мозга, в парадоксальной стадии на 62–173 процента. В сравнении с железами и мышцами, где кровоток возрастает в 10–16 раз, это немного, но при неудовлетворительном состоянии сосудов может быть опасным.

С парадоксальной стадией сна связывают возникновение некоторых заболеваний организма. Приступы стенокардии, гипертонические кризы, инфаркт миокарда происходят во время парадоксального сна, а приступы бронхиальной астмы – в ортодоксальной стадии. Пока неясно, стоит ли при воз-

никновении тяжелых состояний на некоторое время подавлять ту или иную стадию сна.

Изучение стадий сна имеет большое значение для определения эффективности лекарств. Применяемые в настоящее время снотворные подавляют парадоксальный сон. Это значит, что, приняв лекарство, человек хотя и спит, но не так, как при естественном сне. Особенно сильно нарушают структуру сна барбитураты. Попринимав их несколько дней подряд, приходится затем в течение многих ночей наверстывать упущенное по парадоксальному сну. В этом еще одна из причин вредного воздействия систематического применения снотворных средств.

С бессонницей следует бороться улучшением режима дня и общим укреплением организма, может быть психотерапией, а к снотворным прибегать лишь в самых крайних случаях. Расстройство сна обычно не является самостоятельным заболеванием. Например, при недостаточности щитовидной железы человек утрачивает наиболее глубокую стадию ортодоксального сна. В этом случае снотворные только временно облегчают страдание, но не в состоянии исцелить больного. Напротив, прием гормона щитовидной железы – тиреоидина – оказывает настоящий терапевтический эффект, в том числе приводит к нормализации сна.

Нарушить сон нетрудно, например, голодом. В первые два дня голодания увеличивается стадия парадоксального сна. Затем он идет на убыль и к восьмому дню полностью исчеза-

ет. Одним-двумя днями позже исчезает медленный сон. Пока у животного сохраняется аппетит, его еще можно спасти. Сразу же после еды восстанавливается способность спать. В первые дни удлиняется парадоксальный сон в ущерб продолжительности медленного.

Парадоксальный сон интенсивно изучается во многих лабораториях мира, но по-прежнему неясно, зачем понадобился мозгу ночной кинематограф. Может быть, основная задача парадоксальной стадии – показывать нам сновидения специально для того, чтобы мы могли использовать идеи, которые, пользуясь нашей беспомощностью, протаскивает Морфей. Одно несомненно: уметь смотреть сновидения полезно. Спать парадоксально стоит!

Мне грустно потому, что весело тебе



Голод не тетка

Самые частые, самые обычные эмоции, с которыми ежедневно сталкиваются животные и человек, связаны с состоянием голода и насыщения. Они должны обеспечить ритмичность обменных процессов. Голод сигнализирует об истощении пищевых запасов еще задолго до того, как их количество снизится настолько, чтобы это смогло отразиться на снабжении отдельных тканей и клеток тела. Чувство насыщения призвано прерывать дальнейшее поглощение пищи, как только ее количество в желудке окажется достаточным для удовлетворения текущих нужд. Задача достаточно сложна. Чтобы оценка была правильной, необходимо определить калорийность и общее количество съеденной пищи.

Насыщение и голод контролируются особым отделом мозга – гипоталамусом. При разрушении боковых отделов этой области мозга животные переставали есть. Они как бы теряли чувство голода и, какую бы вкусную пищу ни предлагали, взирали на все с полнейшим равнодушием. Если их не кормить насильно, они худеют и в конце концов погибают от полного истощения.

Когда были повреждены самые боковые отделы гипоталамуса, научить животных есть не удавалось. Если разрушение производилось чуть ближе к центру, то через несколько дней искусственного кормления способность жевать и глотать пищу полностью восстанавливалась. Скоро животное само брало корм из кормушки, но делало это только в том случае, если миску с едой поставили у него перед носом. За кормушкой, чуть сдвинутой в сторону или переставленной на новое место, оперированная крыса не потянется и разыскивать ее не будет. Все двигательные-пищевые условные рефлексы, выработанные до операции, исчезнут, и восстановить их уже никогда больше не удастся.

Совсем иная картина обнаруживается при разрушении центральных отделов гипоталамуса. В этом случае нарушается чувство насыщения. Эти животные всегда выглядят голодными, могут есть в любое время дня и ночи, сжирают огромные количества пищи и, конечно, жиреют.

Противоположный эффект вызывает раздражение гипоталамуса электрическим током. Стимуляция боковых отде-

лов способна у накормленного до отвала животного вызвать аппетит, а центральных, даже у очень голодного животного, – подавить чувство голода.

Интересно, каким образом узнает мозг об уменьшении пищевых запасов? Среди ученых издавна бытует два мнения. Одни склоняются к тому, что чувство голода появляется, когда пища, покидая желудок, переходит в двенадцатиперстную кишку. Другие считают, что обеднение крови питательными веществами – главная причина ощущения голода.

Оба предположения неверны. Перистальтические движения желудка, наступающие вскоре после того, как пища его покинет, могли бы информировать мозг. Однако у собаки после 3–4 дней полного голодания голодная перистальтика прекращается, а стремление к пище не исчезает. Не уничтожает чувства голода и отсутствие желудка. У сторонников противоположной теории тоже нет убедительных доказательств. Чувство голода не вызывается простым снижением уровня сахара в крови. Гораздо важнее разница в количестве сахара в артериальной и венозной крови.

До изобретения электронной аппаратуры при изучении чувства насыщения и голода приходилось прибегать к всевозможным ухищрениям. Желудок высших животных иннервируется блуждающими нервами. Их два, и оба они смешанные, то есть содержат двигательные волокна, по которым мозг шлет свои распоряжения, и чувствительные волокна,

несущие информацию в мозг. Один из двух нервов экспериментаторы перерезали, и его центральный конец (часть нерва, которая оставалась связанной с мозгом) сшивали с периферическим (идушим на периферию) концом перерезанного нерва передней конечности или языка, в составе которого идут волокна к околоушной слюнной железе. Через некоторое время сшитые нервы срастаются. Волокна регенерирующего блуждающего нерва, прорастая по нервным влагаллищам, достигают мышечных волокон или секреторных клеток слюнной железы, и собака готова для основного эксперимента.

На таком животном удобно следить за состоянием центров блуждающих нервов. Если центры заторможены, искусственно иннервированные органы остаются бездеятельными. Но как только в центрах блуждающего нерва возникнет возбуждение, немедленно начнет дергаться передняя конечность или из протока слюнной железы потечет слюна. Чем сильнее возбужден мозг, тем интенсивнее реакция на периферии.

Оказалось, что у голодных животных активность ядер блуждающих нервов значительно выше, чем у сытых, и к тому же волнообразно колеблется. Опустевший желудок непрерывно шлет в мозг сигналы. Это первое предупреждение мозгу. Если перерезать второй блуждающий нерв, мозг лишится информации о состоянии желудка. Отсутствие в нем пищи не станет больше возбуждать центры блуждающих

нервов, а поэтому не будет возникать всплеск активности в органах, искусственно иннервируемых вторым блуждающим нервом.

Формирование эмоций голода изучается уже не один десяток лет. Сейчас их организация достаточно ясна. Пищевой центр, расположенный в боковых отделах гипоталамуса, возбуждается под действием «голодной крови». Отсюда возбуждение передается в вышерасположенные инстанции мозга. Чем оно сильнее, тем больше мозговых структур оказывается вовлеченными. Наконец, возбуждение добирается до передних отделов коры. И мы ощущаем чувство голода. Именно здесь, в передних отделах мозга формируется пищевое поведение высших животных.

Устранить голодное возбуждение передних отделов мозга можно, введя в кровь глюкозу и перерезав блуждающие нервы, которые несут в мозг информацию об отсутствии пищи в желудке. Поэтому чувство голода сохраняется у людей с удаленным желудком или в тех случаях, когда питательные вещества вводят непосредственно в кровь.

Пищевое возбуждение приходит в кору по мозговым системам, где в качестве медиатора используется ацетилхолин. Сигнализация о чувстве боли передается в передний мозг по другим системам с помощью адреналина. Она достигает тех же нервных клеток, которые возбуждаются при голоде, и подавляет их активность.

Как известно, насыщение происходит уже за столом за-

долго до поступления питательных веществ в кровь. Начинается оно с того момента, когда пища попадает нам в рот и раздражает рецепторы языка. Однако воздействия на язык хватает ненадолго. Орошение молоком ротовой полости кошки снимает пищевое возбуждение лишь на несколько минут.

Следующая информация о насыщении поступает от рецепторов растяжения желудка. Введя в желудок резиновый баллончик и надув его, можно на гораздо больший срок подавить пищевое возбуждение, особенно если этому предшествует воздействие на вкусовые рецепторы языка.

Третьим сигналом служит выход жидкости из депо. Когда в желудок попадает сухой корм, для нормального его переваривания организм вынужден отдать органам пищеварения значительные количества воды. Эта влага черпается из депо.

Пока никто не сумел объяснить, как узнает гипоталамус о перераспределении жидкости. Он производит оценку съеденной пищи. Ее сухость – косвенное свидетельство высокой калорийности. Тем более, что вкусовые рецепторы предварительно информируют гипоталамус о действительном поступлении в пищеварительный тракт пищевых веществ. Поэтому подозрения о том, что желудок наполнен балластом, просто не возникают.

Последний источник информации – поступление в кровь глюкозы. Ее количество в крови увеличивается задолго до истинного переваривания пищи. Раздражение вкусовых ре-

цепторов и поступление пищи в желудок вызывают выброс из печени в кровяное русло порции глюкозы, которой достаточно, чтобы на некоторое время подавить возбуждение центра «голода», затем к этой первой порции постепенно будет присоединяться глюкоза из перевариваемой пищи.

Итак, насыщение проходит два этапа. Первый – быстрый механизм чисто нервного происхождения. Второй – медленное обменное насыщение. В существовании двух механизмов заключен глубокий смысл. Быстрый механизм насыщения позволяет заранее оценивать поглощенную пищу и вовремя закончить еду. Для равномерности обменных процессов важно и своевременно прервать обед, и заранее получить сигнал о том, что пора раздобыть ужин.



Механизм насыщения обычно приучен к определенному стилю работы. Европейцы в большинстве своем слегка переедают, потребляя пищи немного больше, чем расходуется энергии. К этому нас приучают чуть ли не с самого рождения. Переход на другой рацион дается нелегко. Если любого из нас кормить по нормам среднего китайского крестьянина, потребляющего так мало пищи, что она еле-еле покрывает его энергетические затраты, да к тому же неудовлетворительна по количеству и составу белка, мы постоянно будем испытывать чувство голода. Гораздо легче приспособиться к перееданию, если, конечно, предлагаемая пища кажется аппетитной. Безусловно, до лупенариев смогут дойти лишь немногие, тем более осилить без длительной специальной подготовки среднюю римскую пирушку или обед в стиле Лукулла.

Закон всемирного тяготения

В 1687 году увидел свет главный труд Ньютона «Математические начала натуральной философии», обычно называемый просто «Начала». В них гениальный ученый сформулировал закон всемирного тяготения. Его должен помнить каждый. «Все тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними».

Вольтер утверждает, что на эту мысль Ньютона навело яблоко, упавшее к его ногам. Заметьте, все то же пресловутое яблоко, которое породило любовь между нашими прародителями Адамом и Евой.

Странно, но сам Исаак Ньютон нигде не упоминает об этом яблоке. То ли он не знал, что это был за сорт и, желая скрыть свою неосведомленность, замаял вопрос об истории возникновения закона, то ли, съев его по рассеянности, постыдился показаться неблагодарным и потому промолчал, а может быть, просто яблоко оказалось невкусным... Вряд ли мы когда-нибудь узнаем причину его молчания. Не исключено, что лукавый насмешник М. Аруэ, больше известный нам под псевдонимом Вольтер, выдумал эту историю, чтобы потешиться над великим ученым. Сейчас для нас важно одно, что Ньютон не только создал науку о небесной (а в те времена это слово, вероятно, звучало как божественной) ме-

ханике, но и явился основателем науки о любви, в которой много и божественного и небесного. Оказывается, два человека, находящиеся в полуметре друг от друга, притягиваются с силой около 0,02 миллиграмма!

Мало? Быть может, и все же этого вполне достаточно, чтобы между ними возникла любовь. Зато чем ближе они впоследствии будут становиться друг к другу (читай внимательно закон!), тем их взаимное притяжение станет сильнее и эта сила может быть чудовищно велика, сильнее всех сил, существующих в нашей вселенной!

Человек, как известно, существо социальное. Создав на основе достаточно примитивного инстинкта продолжения вида самое прекрасное, самое поэтичное человеческое чувство, мы вольно или невольно прививаем молодому поколению наши представления о любви. Ученик восьмого класса согласно школьной программе прочтет в хрестоматии:

Сквозь чугунные перила.
Ножку дивную продень.

А затем сверх программы:

Лобзай меня, твои лобзанья...

Да что там восьмой класс!

Иное дело наши далекие предки, доисторические люди. Что думали они о любви? Как догадывались, в существо ка-

кого пола следует влюбляться? Какими правилами руководствовались при создании семьи? Как создаются семьи у животных? Почему крокодил никогда не пытается посвататься к львице, а ежик к лягушке? Откуда животные черпают информацию об особенностях организации своих брачных дел?

Основные брачные правила, как и сам половой инстинкт, имеют безусловнорефлекторную природу, то есть передаются по наследству. Однако эта информация далеко не исчерпывающая. Чтобы обзавестись семьей, этого явно недостаточно. В мозгу млекопитающих и птиц заложены правила брачного поведения, но нередко отсутствует информация, на кого из живых существ они должны распространяться. Эту информацию они должны самостоятельно собрать в течение периода первичной социализации, и нужно, чтобы молодое животное росло в среде себе подобных.

Скотоводы знают, что, если ягненок сразу после рождения остался без матери, выхаживать его не имеет смысла. Став взрослым, он не сумеет найти общий язык с себе подобными, не примкнет к стаду, не обзаведется семьей. Выкормленный человеком ягненок неизбежно становится изгоем. Аналогичным образом оказываются неполноценными и другие животные, выращенные в изоляции.

В последние годы ученые задались целью выяснить, в какой период развития происходит «социализация» и кто в этом процессе играет решающее значение: мать или сверст-

ники. Фрейд считал, что мать своими нежностями будит сексуальные влечения ребенка. Видимо, он полагал, что это правило является всеобщим.

Действительно, для овец оно совершенно справедливо. Ягнята чаще рождаются по одному и изолированные вместе с матерью от остального стада вырастают нормальными животными. А как у других видов, где семьи бывают большие? Например, у собак?

Известно, что самки в период течки выделяют особые пахучие вещества – телергоны. Это информирует самцов о том, что самка ищет супруга. У собак этот телергон выделяется и в период вскармливания детенышей с 18-го до 63-го дня. Может быть, знакомство с ним в детстве помогает самцам, став взрослыми, находить себе подругу? Попробовали вырастить щенят без матери на искусственном вскармливании или отдав их на воспитание кошке. Щенки выросли нормальными животными.

Как и их сверстники, они еще в раннем детстве иногда обнаруживали признаки полового возбуждения, позже развивалось нормальное половое поведение, и только уже почти у взрослых собак возникла способность выбирать подругу по запаху телергона. Знакомство с этим запахом в детстве оказалось излишним. Щенки, вскормленные кошкой, не приобрели какой-либо склонности к кошачьим телергонам и не пытались вступать в «смешанные» браки.

Опознавательные запахи у разных животных выполняют

различную функцию. Крыса-мать в период вскармливания выделяет феромон. Он определенно необходим для детей. Начиная с 16-дневного возраста, крысята выучиваются находить мать, ориентируясь на запах феромона. С этого момента она все реже притягивает к себе случайно отползшего малыша, уверенная, что теперь он уже не потеряется.

Для собак оказались важнее контакты со сверстниками. Щенки, выращенные в одиночку или только с матерью, хотя и обнаруживали интерес к противоположному полу, но вступить в брак не умели и вынуждены были оставаться холостяками. Контакты в детстве должны быть очень тесными. Щенки обязательно должны принимать участие в совместных играх. Одного зрительного и обонятельного знакомства недостаточно.

А что будет, если щенку подsunуть не того партнера для игр, например котенка? Увы, судьба его плачевна. Чаще всего, став взрослым, он будет холоден к собакам, обнаруживая интерес только к кошкам, хотя их половой телергон – валериановая кислота – и химически и по запаху очень далек от собачьего.

Точно так же ведут себя птицы, выращенные человеком. Их половое влечение направлено на воспитателя! Очень забавно вел себя пятилетний самец сорной курицы, пытавшийся ухаживать за своим хозяином.

Общение со сверстниками необходимо и для крыс. Крысята, выращенные с 21 дня без матери, в дальнейшем ни-

чем не отличались от своих сверстников. Полностью изолированные друг от друга, они становились агрессивными и, хотя оказывались не лишенными некоторого секса, были не в состоянии продолжить свой род.

Молоденькая обезьянка макака резус, прежде чем стать взрослой, проходит три стадии развития: полной зависимости от матери, стадии детских игр и стадии обучения. Профессор Г. Харлоу из Висконсинского университета выращивал своих обезьянок в полной изоляции друг от друга или в общем помещении, но в отдельных клетках, из которых они могли видеть, слышать и обонять друг друга, но не имели возможности вступать в более тесный контакт. У всех обезьян оказались дефекты, они не смогли впоследствии создать семьи и обзавестись потомством.

Зато юные макаки, которых всего на 20 минут в день объединяли с товарищами, выросли вполне нормальными. Это значит, что игры малышей не просто следствие бьющей через край энергии, а необходимые упражнения, подготавливающие животных физически и, что не менее важно, психически к жизни в стаде, к общению с собратьями, к созданию семьи, к материнству и отцовству. Не в необходимости общения малышей заключается причина того, что многие животные, рождающие одного детеныша, в период воспитания потомства собираются в стада, а медведица оставляет в своей семье уже больших медвежат в качестве нянек-пестунов для более юного поколения?

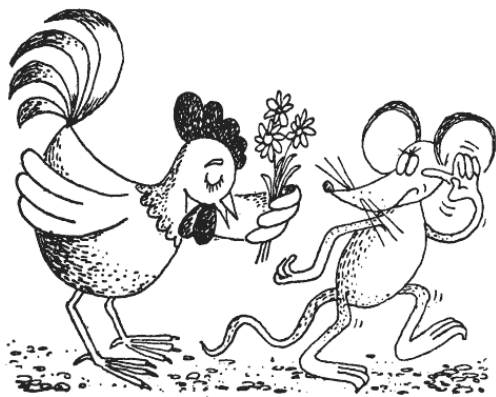
Характер детских контактов может сильно зависеть от поведения матери. Самка макаки резус обращает больше внимания, больше нянчится со своим детенышем, если он мужского пола, если это ее первый ребенок и если она занимает в стаде подчиненное положение, находясь на низшей ступени иерархической лестницы. Доля контактов с матерью, отцом, прочими взрослыми членами стада и детенышами различных возрастов откладывает известный отпечаток на формирование «личности» животного, но как именно, науке пока неизвестно.

«Личность» животного, исковерканная неправильным воспитанием в ранней юности, с трудом поддается исправлению. Если малыш обезьянки резус провел в одиночном заключении год, он неизлечим. Некоторый терапевтический эффект давало материнство. Взрослых самок из бывших «заключенных» принудительно оплодотворяли (сами вступить в брак они оказывались не в состоянии). Через 2–3 года у них наблюдалось известное восстановление нормального поведения, но улучшение проявлялось лишь в области материнского поведения.

Эффективнее раннее лечение. Когда к шестимесячному малышу, взятому из «заключения», подсаживали на восемь месяцев такого же шестимесячного малыша с воли, улучшение поведения наблюдалось в различных областях социальной жизни. Самыми лучшими терапевтами оказались более юные обезьянки. Компания трехмесячного малыша по-

пти полностью излечивала недуг, восстанавливая нормальное поведение.

У многих животных, гусей, уток, кур социализация совершается очень быстро. Достаточно малышу несколько часов пообщаться с матерью, чтобы в его памяти запечатлелся образ взрослых животных. Он обеспечивает впоследствии правильный выбор партнера. Когда кур выращивали в полной изоляции, они не знали, с кем им водиться. После того как их соединили с другими курами и... белыми мышами, они одинаково охотно подходили и к тем и другим.



Запечатление более важно для самцов. Самки крыс, выращенных в изоляции, достаточно легко вступают в браки, тогда как для самцов изоляция в раннем детстве не проходит безнаказанно. Неправильное запечатление не возникает у са-

мок некоторых птиц. Снегирихи, выращенные человеком, не только не проявляли к людям сексуального интереса, но даже обнаруживали по отношению к ним агрессию.

Неправильное запечатление приводит к курьезам. В этом случае значительная разница в величине не имеет серьезного значения. Самцы попугаев и снегирей, выращенные человеком, считают хозяина снегирем или попугаем и ухаживают за ним, как за самкой. Истинный пол запечатленного воспитателя не имеет значения. Молодой лось, выращенный человеком, пытался жениться на своем хозяине, а лосиха не на шутку ревновала сохатого к его воспитателю. При запечатлении животные способны делать обобщения. Самцы мелких певчих птиц, выращенные мужчиной, охотнее ухаживают за мужчиной, а выросшие в женском обществе – за женщиной.

Неправильное запечатление впоследствии поддается известной коррекции. Попугаи, выкормленные человеком, только людей признавали полноценными попугаями и только с ними стремились вступить в брак. Однако, когда птиц полностью изолировали от людей, они оказались способны обзавестись нормальной семьей и потомством. Увы, власть детского запечатления оказалась жестокой. Как только попугаев вернули в человеческое общество, они тотчас отвергли своих подруг-попугаих и вновь стали добиваться взаимности со стороны людей.

Так же ведут себя снегири. Если искусственно выращенный самец в течение первого года жизни имел возможность

пообщаться с самкой, половое поведение его становилось адекватным. Более долгая изоляция от сородичей окончательно убеждала птицу, что люди и есть подлинные снегири.

Птицы и звери хорошо запоминают своего воспитателя и узнают его в полном смысле слова в лицо. Точно так же птицы узнают членов своей семьи. Даже на гнездовьях, где они скапливаются сотнями тысяч, чайки издали без колебаний узнают своего супруга. Так же уверенно распознаются голоса. Крачка, сидящая на яйцах, тотчас же откликается на голос главы семьи, несмотря на царящий вокруг нее многоголосый гам.

Чтобы не возникло случайной путаницы, большинство животных имеет опознавательные знаки: запахи, голосовые сигналы или особые детали в своей «одежде». В период образования брачных пар эти удостоверения личности нарочито демонстрируют друг другу.

Иногда приходится принимать специальные весьма замысловатые позы, которые сами по себе также являются опознавательными знаками. Зорянки выставляют вперед свою красноватую грудь, самец колюшки демонстрирует розоватое брюшко, ящерица-сколопорус – голубую шею, а аквариумные рыбки гемихромисы – яркие пятнышки на голове. Значение опознавательных знаков запрограммировано в аппарате наследственности. Их заучивать не приходится.

Инициаторами знакомства могут быть и самец и самка. У серебристых чаек инициатива принадлежит слабому полу.

Наметив в стае достойного партнера, самка приближается к нему, вытянув шею и подогнув лапки, и так ходит некоторое время вокруг своего избранника. Эта поза и есть опознавательный знак самки. Если ухаживание принято, самец накидывается на всех ближайших соперников и, изгнав их, следует за дамой. Убедившись в достигнутом успехе, невеста начинает выпрашивать корм, и жених, рыгнув, кормит ее полупереваренной рыбой. Кормление – это уже ритуал венчания, и, закончив его, супруги отправляются строить гнездо.

Взаимное кормление во время брачных игр очень распространено среди птиц. Не вполне ясно, что оно означает: своеобразное приданое, символическую вещь вроде обручального кольца или особый опознавательный знак, убеждающий партнеров, что выбор сделан правильно. Аналогичным удостоверением для тараканов служит секрет железок, расположенных под надкрыльями. В момент ухаживания самец поднимает их, а самка слизывает секрет. Самец-кузнечик протягивает самке лапки. В его волосатых, покрытых шипиками конечностях находится привлекающее самку вещество. Она обламывает шипики и, исследовав вытекающие оттуда капельки жидкости, соглашается на заключение брака.

Изредка опознавательным знаком служит посторонний предмет. Для небольших африканских птичек – эстрильдин – это веточка, которую один из сватающихся, все равно жених или невеста, вручают партнеру. У чомг после своеобразного танца на воде будущие супруги обмениваются пучками

водорослей. Самец крачки начинает сватовство с вручения избраннице собственноручно пойманной рыбки. Даже пауки и насекомые делают подобные подношения своим возлюбленным. Баклан делает подарок в виде пучка травы или веточек сразу после спаривания, как намек, что жене пора заняться домашним хозяйством, – приступить к строительству гнезда.

Существуют специальные знаки, по которым родители опознают детей, а дети родителей. Они не требуют нарочитого изучения. Птенцы чаек узнают своих родителей по желтому клюву с красным пятном на конце. Родители многих выводковых птиц находят своих детей, руководствуясь рисунком их глотки.

Опознавательными знаками могут быть запахи и звуки. Цыплята первые восемь дней жизни откликаются на голос любой курицы, позже – только на голос матери. Если цыплят до восьми дней держать в изоляции, они уже не сумеют запомнить индивидуальную «интонацию» куриного голоса.

Обезьянки узнают свою мать осязательно. Для них может стать матерью любой предмет, покрытый мехом. Пока малыш держится за кусок меха, он так же храбр, как если бы рядом была мать, готовая в любую минуту прийти на помощь. Взрослой обезьяне также необходимы осязательные впечатления. Обезьяны бывают неважными приемными матерями для детенышей большинства животных только потому, что те не умеют держаться за их мех. Вначале обезьяна может

принять щенка или козленка, но очень скоро потеряет к нему интерес.

Рыцарские турниры между самцами, на которых обязательно присутствуют самки, танцы, вручение подарков и всевозможные ухаживания не только сватовство. Для возникновения семьи необходимо, чтобы у будущих супругов развитие половых продуктов шло синхронно. Обычно у самки оно несколько отстает. Брачные церемонии через психическую сферу стимулируют ускоренное созревание гонад.

Психические факторы в брачных делах даже у животных играют огромное значение. Крысы не очень разборчивы в выборе партнера и кажутся не очень привязанными друг к другу, а если их разлучить, не хранят супружеской верности. Измена вовсе не означает, что супруги плохо помнят друг друга. Если в первые пять дней после наступления беременности самке подсадить нового самца, ее беременность прерывается, после чего она вступает в новый брак. Непосредственный контакт с новым самцом необязателен. Достаточно, чтобы самка ощущала постоянно возобновляемый запах чужого самца. Совершенно незнакомый самец производит наибольшее впечатление.

В супружеской жизни самки ведут себя более благородно, чем самцы. Нарушение беременности и измена совершаются лишь в отсутствие законного супруга. Если в семейную клетку к беременной самке сажают дополнительных самцов, она остается верна своему мужу.

У некоторых животных известны случаи путаницы полов. Причина их пока не вполне ясна. В сообществах животных с ярко выраженной иерархией подчиненные самцы, чтобы умаслить лидера, обычно демонстрируют поведение подчинения или имитируют поведение самки. Не исключено, что именно это и вносит путаницу. Во всяком случае, доминирующие в сообществе кур петухи нередко делают попытку к спариванию с подчиненными самцами. Напротив, петухи, стоящие на низших ступенях иерархической лестницы, никогда не принимают лидера за даму.

Итак, в основе родительского и брачного поведения всегда заложены врожденные рефлексы, врожденные знания. Однако даже у животных, как ни в какой другой сфере, велико значение воспитания, лично полученных знаний, собственный индивидуальный опыт.

Только получив надлежащее воспитание, можно стать полноценным членом общества, хорошим отцом или матерью. Нужно помнить, что социальное воспитание начинается с первых дней жизни. Если сроки упущены, потеря практически невозполнима. Это так же справедливо для ребенка, как и для детенышей животных.

«Я, Бег-Эльги...»

23 февраля 1943 года в бою за деревню Чернушки солдат 56-й гвардейской дивизии комсомолец Александр Матросов закрыл своим телом амбразуру вражеского дота. Герой отдал свою жизнь, чтобы сохранить жизнь боевых соратников, чтобы освободить от фашистских захватчиков маленький кусочек советской земли, уничтожить один небольшой опорный пункт врага.

Во все времена у всех народов лучшие, достойнейшие сыновья и дочери свершали героические поступки. Недавно советские археологи в далекой Туве прочли на стеле у могилы древнего воина, обнаруженной в теснинах Саянского каньона, надпись:

«Я, Бег-Эльги, недолго оставался среди своих друзей-героев. В свои двадцать лет я был насквозь проколот копьем. Я недолго жил в своем племени, среди своих сородичей и сотоварищей. Я расстался с ними. Запомните это!»

Надписи тысяча лет. Как глубоко нужно любить свой народ, все то, что мы зовем родиной, чтобы отдать за нее жизнь!

Нам давно понятен биологический смысл любви между мужчиной и женщиной, между родителями и детьми. Но что такое любовь к ближнему? Как глубоко в века уходят ее ис-

токи? Есть ли аналогия ей в среде наших младших братьев – животных? Врожденное ли это или целиком воспитываемое в нас чувство?

Заглянем ненадолго в мир животных. Когда утренние лучи солнца разгонят ночной туман и начнут согревать землю, на куполе любого лесного муравейника можно увидеть с десяток бесцельно слоняющихся (во всяком случае, на наш взгляд) муравьев. Дотроньтесь до одного из них. Ни один муравей не стерпит подобной фамильярности. Сейчас же его челюсти вцепятся в ваш палец, и струйка кислоты оросит его.

Муравьиная кислота – и средство защиты, и сигнал тревоги. Услышав призыв, тотчас же пять-шесть ближайших муравьев бросятся на защиту своего товарища. Так поступают все общественные насекомые. Не имеет значения, кто оказался у летка пчелиного улья – крохотная мышь-малютка, для которой одной порции пчелиного яда вполне достаточно, чтобы окончить земное существование, или косолапый грабитель медведь, способный уничтожить пчелиный дом и передавить добрую половину его обитателей. При этом гибель каждого активного защитника улья, сумевшего добраться до врага, абсолютно неизбежна.

Никто не воспитывал у пчел способности к самопожертвованию. Ужалит врага одинаково бесстрашно и только что вышедшая из куколки молодая пчела, и доживающая свой век, уже с обтрепанными крыльями стареющая ветеранка

улья. Не следует думать, что пчеле вообще неведомо чувство страха. Сборщица меда взлетит с сердитым жужжанием с цветка, если к нему приблизится человек, и не вернется назад в вашем присутствии.

В явлении взаимопомощи между представителями стаи или одной семьи, даже такой большой, как пчелиный улей, нет ничего удивительного. В ее основе, по-видимому, лежит инстинкт материнства, инстинкт заботы о потомстве.

Без активной взаимопомощи невозможно существование многих видов животных. Маленькие зайчата растут без матерей. Зайчихи оставляют новорожденных, чтобы не привлекать к ним внимания хищников. Они посещают своих детей раза два в неделю только для того, чтобы покормить и облизать. Если мать погибнет, у зайчонка много шансов остаться в живых, так как каждая зайчиха, случайно наткнувшись на голодного малыша, не преминет его покормить! Так же поступают птицы. Горная куропатка, обремененная большой семьей, не колеблясь, примет осиротевший выводок.

Жизнь в океане зубатых китов – дельфинов возможна лишь при постоянной взаимопомощи. Объем легких дельфина весьма невелик и позволяет им лишь на несколько минут погружаться в пучину вод. Каждый раз, всплывая для дыхания к поверхности, дельфинам приходится затрачивать немало усилий, так как их тело значительно тяжелее воды.

Как ни кажутся дельфины хорошо приспособленными к водной среде, их жизнь все время висит на волоске. Вот по-

чему рождение детеныша без посторонней помощи невозможно. Чтобы дельфиненок выжил, необходимы две повитухи, которые с двух сторон подхватят новорожденного и будут его поддерживать у поверхности, пока он не начнет дышать и не окрепнет настолько, чтобы уверенно держаться на воде.

Точно так же дельфины поступают с больным или раненым товарищем. В океанариумах обслуживающий персонал обнаруживает заболевших животных не по их виду, а по поведению товарищей. Обычно кто-то из стаи занимает место под брюхом заболевшего и в таком положении плавает по бассейну (жизнь в движении – нормальное состояние дельфинов), поддерживая его, позволяя ослабевшему беречь силы.



Жить с волками – это не только по-волчьи выть, как гово-

рится в известной русской поговорке, это еще означает самоотверженно защищать своих товарищей. Вопреки широко бытующему мнению, волк волку лучший друг и будет защищать любого члена стаи, не жалея живота своего.

У низших животных реакции взаимодействия и взаимопомощи чисто врожденные. Они почти не меняются под влиянием обучения, а следовательно, в них отсутствует элемент разумности. В этом нетрудно убедиться. Бросьте на купол муравейника гусеницу пожирней. Первый увидевший ее муравей обрызгает гусеницу кислотой и попытается утащить. Когда вокруг гусеницы соберется достаточное количество муравьев, она начнет двигаться и в конце концов исчезнет в одном из ходов подземного жилища.

Как удастся муравьям координировать свои усилия, чтобы сдвинуть с места тяжелый груз? Чтобы разобраться в этом, неоднократно проводили киносъемку подобных сценок. Тщательный анализ поведения всех членов коллектива в каждый момент времени показал, что никакого взаимодействия нет. Муравьи действуют хаотично. Каждый из них тянет гусеницу куда заблагорассудится, действуя как лебедь, рак и щука из знаменитой басни Крылова. Гусеница водворяется на место только потому, что в отдельные моменты усилия носильщиков, направленные в сторону муравейника, несколько превышают усилия тех, кто тащит груз в противоположную сторону. Поскольку каждый муравей стремится доставить добычу к себе домой, таких моментов достаточно

много. Все же гусеница движется по сильно изломанной линии. Порой носильщики тащат ее в сторону, прямо противоположную входу в муравейник.

У высших животных развитие инстинкта взаимопомощи требует определенных условий. Главное, чтобы животное с первых дней жизни находилось в кругу соплеменников. Если львенка выкормила собака, его социальное поведение окажется извращенным. Он будет считать себя собакой со всеми вытекающими отсюда последствиями.

По той же причине собака в первую очередь охраняет и опекает своего хозяина. В период особой восприимчивости, который у разных пород наступает в различное время и имеет неодинаковую продолжительность, щенок ищет себе хозяина, точнее – вожака своей стаи. Им не обязательно становится тот, кто кормит и заботится о щенке. Поскольку собака становится членом нашей человеческой «стаи», ее вожак – подлинный глава семьи – и становится хозяином собаки, пользуясь у нее непререкаемым авторитетом.

У животных, выращенных в полной изоляции, все социальное поведение, в том числе реакции взаимопомощи, будут нарушены. Они тренируются в первые месяцы жизни в процессе игр со сверстниками и общения со старшим поколением. Если доза общения окажется недостаточной, они могут развиваться не в полную силу.

Взаимопомощь, взаимодействие животных требуют взаимной информации, но их язык беден. Можно ли его обога-

тить? В Колтушах с шимпанзе провели следующие опыты. Им дали пластмассовые жетоны пяти сортов. Когда у обезьян забирали квадрат, взамен они получали орех. За круг давали конфетку, за прямоугольник – содовую воду, за шестигранник – игрушку, и только за треугольник вознаграждения не полагалось. Вскоре обезьяны уловили связь между жетонами и жизненными благами и начали использовать «обезьяньи деньги».

Покупательница всегда точно знала, что она собиралась приобрести. Когда у нее возникало желание пощелкать орешки, она протягивала экспериментатору квадрат, а если он намеренно ошибался и давал ей игрушку, она ее отбрасывала и подавала новый квадрат. В обезьяньей лавке «продавец» не мог позволить себе удовольствие ошибиться несколько раз подряд. «Покупатель» от такой несправедливости приходил в ярость и, не прибегая к жалобной книге, стремился укунить обидчика.

Освоив взаимосвязь с экспериментатором через жетоны, обезьяны начали использовать их при взаимном общении. Когда одна из обезьян видела в руках другой особенно интересную игрушку, она швыряла в ее клетку шестигранный жетон. Если «покупателем» оказывался вожак стада, подчиненная обезьяна вынуждена была, не торгуясь, «продать» игрушку, даже если не успела в нее наиграться.

Убедившись, что обезьяны окончательно освоили жетоны, между клетками установили обменный аппарат. Опыт

вели таким образом: одну из обезьян заставляли немного по-поститься, компенсируя это интересной игрушкой; ее соседке, напротив, пищи давали с избытком, но игрушки ей не полагалось. Вполне естественно, что сытой обезьяне хотелось развлечений. Увидев в руках у соседки интересную игрушку, она опускала в обменный аппарат шестигранный жетон. В ответ на это вторая обезьяна должна была опустить в аппарат игрушку. Теперь, чтобы аппарат наконец сработал, первая обезьяна должна была добавить в него кусочек пищи.

Итак, одной обезьяне аппарат выдавал игрушку, другой — шестиугольный жетон и кусочек пищи. Жетон в данном случае являлся объявлением об обмене, а игрушка обменивалась на пищу. Аппарат исправно работал только в том случае, если обезьяны строго соблюдали последовательность в своих действиях.

Эти опыты очень наглядно показали, что у человекообразных обезьян могут самостоятельно вырабатываться новые формы взаимодействия. Они возникают без вмешательства экспериментатора при обычном общении членов одного стада.

Взаимопомощь имеет весьма глубокие исторические корни. Она присуща всем животным, живущим семьями. У высших животных она требует воспитания и так же, как брачное поведение, безвозвратно нарушается, если соответствующее время было упущено. Чтобы стать полноценным членом коллектива, нужно быть отлично воспитанным.

Не капай мне на мозги

Говорят, наша жизнь полна нервного напряжения, и оно нередко достигает предела, опасного для здоровья. Особенно часто об этом пишут на Западе. Не знаю, я этого не замечаю. Возможно, сказывается наш социалистический образ жизни.

Существует мнение, что жизнь из года в год, из века в век становится все напряженнее. С этим также нельзя согласиться. Совершенно неверно, будто бы во времена античного средневековья или в доисторические времена в человеческом обществе царило эмоциональное равновесие и психический рай.

Нервное напряжение существовало всегда. Вряд ли патриции, принявшие в сенате выгодный для них закон, не волновались, когда трибун накладывал на него вето. Я уже не говорю о нервных потрясениях во время восстаний рабов. Не думаю, чтобы небогатые квириды (квиридами назывались полноправные граждане Рима. Это слово произошло от имени сабинского бога войны Квирина, весьма почитаемого в Риме), сражаясь в римских войсках, сохраняли душевное спокойствие, зная, что в это время их хозяйство на родине приходит в упадок и дома их встретят долги, нищета, а может быть, и рабство.

Психическая встряска подкарауливала людей всегда. Раз-

ве человек первобытного общества мог остаться спокойным, когда, вернувшись из «охотничьей командировки», узнавал, что в его отсутствие воины соседней общины съели его детей, а жену в прямом и переносном смысле «увели» с собой. А разве дележ охотничьей добычи мог обходиться без бурных эмоций, в особенности когда вместо мамонта приходилось делить зайчонка?

Буря страстей может сотрясать весьма примитивное существо. В Сухумском обезьяньем питомнике стареющего павиана, владыку стада, отсадили в отдельную клетку. Предполагалось заменить его более молодым самцом. Естественно, питомник заинтересован в росте поголовья и в появлении на свет полноценного молодняка. Так что винить в случившемся администрацию не будем. Всего через полтора часа после того, как старый патриарх узнал о произведенной замене и убедился, что его любимая супруга не отвергла домогательства соперника, он умер от инфаркта!

Нервное напряжение, эмоциональные бури – весьма обычный компонент человеческого бытия. Поводы для эмоций находились всегда, и вряд ли методы решения трудовых или семейных конфликтов при царе Горохе были более совершенны, чем теперь. Несомненно, для эмоциональных встрясок непрерывно появляются все новые поводы, правда, они становятся все тоньше, все деликатнее.

Бытует представление, что отрицательные эмоции вредны. Несомненно, вредны. Их воздействие зависит от часто-

ты конфликтов, от состояния организма в момент их возникновения, от индивидуальных особенностей личности. Поваренная соль в больших количествах, несомненно, вредна. Однако полное изъятие из диеты хлора и натрия (компонентов, составляющих поваренную соль) просто смертельно. Сходное положение и с нервным напряжением.

Сильное эмоциональное потрясение может не оставить у здорового человека каких-либо существенных последствий. Аналогичное воздействие у субъекта с более слабой нервной системой вызовет серьезные нарушения, поломку какого-то мозгового механизма. Но если воспитывать человека в щадящей обстановке, он будет менее тренированным, более ранимым, тяжелее переносящим всякие эмоциональные встряски. Есть достаточно оснований считать, что как иммунитет к некоторым видам инфекций возникает только при непосредственном контакте с ее возбудителем, так и способность противостоять жизненным конфликтам вырабатывается постепенно.

Двадцать лет назад, когда появились лекарства, способные влиять на психику, их попробовали применить не только к больным, но и к людям, перенесшим эмоциональные потрясения. Постепенно удалось создать вещества, воздействующие на неврозы, психопатии и другие реактивные состояния. Они получили название транквилизаторов, от французского слова «транквиле», что в переводе значит – успокаивать. Таким образом, уже само название препаратов на-

талкивало врачей, их пациентов и совершенно здоровых людей на мысль использовать эти вещества от бессонницы, при жизненных конфликтах, чтобы избежать излишних волнений, при умственном переутомлении и во многих других ситуациях.

Транквилизаторы не обманули возлагавшихся на них надежд, они действительно успокаивали. За короткий срок они получили широкую популярность. Уже в первый период их применения в аптеки Соединенных Штатов поступало 60–100 миллионов рецептов в год. Сколько всего «съедено» транквилизаторов, не поддается учету. Их продажа на Западе ничем не ограничивается: они широко рекламируются и отпускаются без рецептов, а прием лекарств, по свидетельству профессора философии Мэрилендского университета Д. Кранца, излюбленное времяпрепровождение американцев.

С каждым годом становится все больше людей, систематически принимающих транквилизаторы. Их глотают перед экзаменами, перед докладом на конференции, после ссоры с женой, когда не ладится срочная работа, во всех случаях, как только возникнет повод для отрицательных эмоций или волнений. Постепенно «транквилизаторованные» люди с приглушенными эмоциями становятся все более и более обычным компонентом общества.

Фабриканты лекарственных препаратов рекламируют транквилизаторы как вполне безвредные вещества. Действи-

тельно, они не обладают отрицательными свойствами наркотиков. К ним не возникает привыкания. И все же прием транквилизаторов без назначения врача, прием практически здоровыми людьми недопустим. Сейчас накапливается все больше данных о вреде систематического приглушения естественных эмоций.

Мне довелось познакомиться с одной из жертв транквилизаторов. В нервную клинику поступил молодой человек с глубоким невротическим состоянием. Родители считали его «нервным» ребенком. Еще в детстве ему давали успокаивающее перед экзаменом в школе, чтобы ребенок не очень волновался. Позже он уже сам принимал транквилизаторы перед конкурсными экзаменами в вуз, полагая, что они, несомненно, являются серьезным поводом для волнения, затем в вузе при очередных экзаменах и зачетах.

Постепенно у него возникла привычка или скорее потребность избегать всяких волнений. Он принимал успокаивающее перед семинаром по философии, перед разговором с деканом, на ночь, чтобы скорее заснуть, перед дальней дорогой и на футбольном матче. Когда пришла пора сделать любимой девушке предложение, он, естественно, принял двойную дозу. (Кстати, девушка, давшая поначалу согласие, на другой день отказала. Ей показалось, что юноша очень равнодушно воспринял ее ответ.) Короче говоря, не находилось дня, чтобы не случилось повода для волнений, и поэтому не проходило дня, чтобы он не прибегал к помощи фармакологии.



Причиной невроза стало происшествие, которое случилось с юношей в последний день его отпуска. На аэродроме в Симферополе перед самым отлетом самолета у него пропал чемодан, где лежали билеты, остаток денег и любимые успокаивающие средства. В Симферополе у молодого человека совершенно не было знакомых, а в карманах не осталось даже мелочи на телеграмму.

Происшествие скорее комичное. Действительно, все уладилось довольно просто, молодой человек даже не опоздал на работу, а через несколько дней нашелся и чемодан, но, увы, было уже поздно. Лишенный привычной поддержки транквилизаторов, мозг, давно отучившийся усилием воли справляться с волнением, не выдержал. Месячный отпуск

пошел насмарку.

Я продолжаю следить за этим человеком. Случай с чешоиданом не вызвал в нем желания расстаться с медикаментозной подпоркой. Напротив, он панически боится остаться хоть на день без глушителя эмоций и носит теперь пилюли во всех карманах, держит их дома и на работе, берет на прогулку и, конечно, на стадион. Он до сих пор не женат, так как девушки хоть и дружат с ним довольно охотно (парень он в общем приятный), но не влюбляются, считая чересчур равнодушным.

Так стоит ли принимать транквилизаторы здоровым людям, чтобы избежать обычных повседневных волнений? А. Вергинский пел: «Надоело в песнях душу разбазаривать...» И действительно, артист отдает нам, зрителям, частичку своей души. Не поделись он ею, разве песни смогли бы кого-нибудь взволновать, подарить слушателям радость? Игра актера, принявшего транквилизатор, становится эмоционально более бедной. Иногда артисты вовсе должны отказываться от участия в спектаклях, им становится трудно перевоплощаться.

Примерно в таком же положении находится и экзаменуемый. Тщательные исследования подтвердили, что транквилизаторы, не снижая умственных способностей, помогают сосредоточиться, собраться с мыслями. Однако только эмоции способны мобилизовать все умственные ресурсы, помочь извлечь из глубин памяти все аспекты проблемы,

сделать ответ ярким, запоминающимся. Разве можно представить Пушкина на экзамене в лицее глотающим успокоительное снадобье перед чтением Державину собственных стихов?

Там, где труд конструктора, ученого или композитора требует эмоциональной взволнованности, максимального творческого напряжения, подавление эмоций может оказаться только помехой. Принимай Александр Сергеевич систематически транквилизаторы, вряд ли из-под его пера появилось «Товарищ, верь, взойдет она, заря пленительного счастья...» и «Я помню чудное мгновенье...».

Известное нервное напряжение, наша эмоциональность – обыденные, неизбежные компоненты повседневной жизни. Они, несомненно, накладывают серьезный отпечаток на развитие нашего мозга, превращая нас в полноценных членов человеческого общества, не похожих на бесстрастных роботов современных фантастов.