

## Мозг – орган предвидения (на основе прошлого опыта)

Наличие развитой нервной системы, состоящей из многих логических элементов-нейронов, связанных определённым образом, способствует выживанию и процветанию организма. С этим трудно не согласиться. Но каким именно образом способствует? Каков механизм полезности нервной системы для организма? Как информация фиксируется в мозге и как извлекается из него? Как формируется и протекает мысль? На эти вопросы пока **не существовало конструктивного ответа** – только общие декларации.

Если для высокоразвитых организмов, например, для человека полезность нервной системы не вызывает сомнений, то для организмов с простейшей нервной системой её полезность остается под большим вопросом. До сих пор совершенно непонятно, каким именно образом простейшая нервная система из  $2 \div 20$  нейронов способствует выживанию организма, как она позволяет избегать опасностей, как образуются рефлексы. Как происходит запоминание, хоть на уровне неконтролируемых рефлексов, хоть на уровне абстракций в центральном головном мозге? И, поскольку непонятен механизм полезности для организма простой нервной системы, непонятен и механизм эволюционного пошагового перехода, а не невероятного и даже невозможного одноразового скачка, от простейшей нервной системы из одного–двух нейронов к простой и, далее, к развитой нервной системе. Как за миллионы лет (сотни миллионов или миллиарды поколений) был совершен переход от организмов без нервной системы сначала к организмам с безусловными рефлексами, а затем к организмам с развитыми условными рефлексами? И, в конце концов, к организмам, способным к абстрактному мышлению? Именно из-за этого непонимания прибегают иногда к подмене эволюции маловероятным и даже невозможным одноразовым скачком.

Понятно, что механизм образования связей между нейронами, как в простейшем, так и в самом сложном мозге, должен быть чрезвычайно простым. Ведь эти связи устанавливает не квалифицированный инженер, и даже не ребёнок, складывающий пирамидку. Эти связи образуются сами по себе, под влиянием обстоятельств, в которых оказываются нейроны, между которыми и устанавливается очередная связь. Каждая связь устанавливается **между ДВУМЯ** нейронами. Поэтому для образования связи между ними имеет значение исключительно состояние этих двух нейронов, **и ничего более!** Никаких прямых влияний из неведомого далёкого окружения! Окружение возбуждённых нейронов может влиять на образование парных связей лишь косвенно, через состояния пары связывающихся нейронов.

Для ответов на поставленные вопросы рассмотрим простейший организм, имеющий в своём составе всего лишь 2 – 3 нейрона с несколькими входами, находящиеся в механическом контакте. Точнее, нейроны способны к установлению логических связей между собой. Но пока эти возможные связи ещё не установились.

Пусть на соответствующие рецепторы этого организма примерно в одно и то же время или с некоторым разбросом во времени подействовали два фактора, например, запах и жжение, что привело к возбуждению двух нейронов, скажем, 1-го и 2-го. Причём один из этих факторов безвреден для организма, а второй достаточно вреден и может привести к гибели этого организма, если организм не «убежит». Организм по безусловному рефлексу через сигнал «боли» реагирует на 2-й фактор и «убегает», если успеваает!

Для наглядности рассмотрим состояние «возбуждён/не возбуждён» этих 2-х нейронов во время действия указанных факторов с помощью графика, развернутого во времени  $t$  (Рис 5).

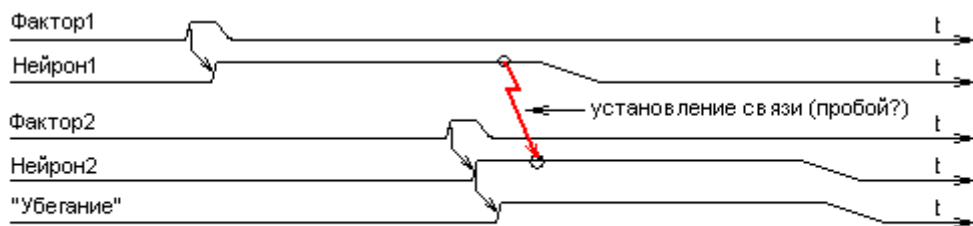


Рис 5.  
Возбуждение нейронов 1, 2 вследствие прихода раздражений от факторов 1, 2 и установление связи между возбужденными нейронами

Зададимся вопросом. Что будет происходить с данным организмом в дальнейшем, если организм успеет убежать, «отползти» от вредного фактора2, а между двумя нейронами 1 и 2 в тот момент, **когда они оба были одновременно возбуждены, образуется логическая связь** любым возможным способом, например, механическим или гальваническим? Причём возможны, как минимум, два варианта такой связи:

- а) выход Нейрона1 (Н1) на вход Нейрона2 (Н2),
- б) выход Нейрона2 на вход Нейрона1.

Пусть реализовался вариант а) (о возможности реализации варианта б) мы поговорим в следующих главах). Тогда дальнейшие события будут протекать следующим образом: при возбуждении в следующий раз только одного из уже связанных между собой нейронов Н1, сразу же через уже существующую связь (с выхода Н1 на вход Н2) будет возбуждаться и другой нейрон Н2, хотя на него ещё не действует вредный фактор и может, вообще, не подействует в рассматриваемом эпизоде. Так что приведённая выше диаграмма будет выглядеть уже так (Рис 6):

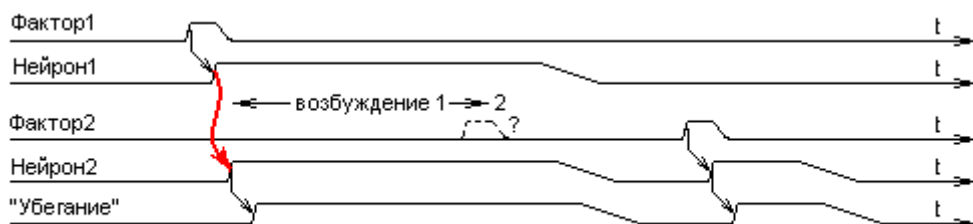


Рис 6.  
Возбуждение нейрона2 от фактора1 через самообразовавшуюся связь нейронов 1 и 2

То есть, **наличие ранее образовавшейся связи** между нейронами **обеспечивает** в дальнейшем следующий порядок развития событий: в результате воздействия фактора1 возбуждается Н1, который через ранее образовавшуюся связь сразу же возбуждает Н2. Организм сразу же реагирует на возбуждение Н2 и «убегает», хотя фактор2 ещё не появился, а, возможно, и не появится. Или уже не подействует на организм из-за «предусмотрительного», а на самом деле – просто опережающего, «убегания». Так что организм с простейшей нервной системой из двух нейронов в результате предыдущего «приобретения опыта» – возникновения связи между двумя возбуждёнными нейронами Н1 и Н2, которую можно назвать элементарной памятью или элементом памяти, **ЗАРАНЕЕ, С ОПЕРЕЖЕНИЕМ** отреагирует на фактор2, **как бы предвидя** его появление благодаря возникновению в предыдущем эпизоде и существованию в дальнейшем связи Н1-Н2, эквивалентной запоминанию факта приблизительно одновременного действия факторов 1 и 2 в какой-то момент времени в предыдущем эпизоде. Такая опережающая, и, тем самым, упреждающая опасность реакция организма с простейшей нервной системой, способной к «запоминанию», несомненно, будет способствовать выживанию организма и его последующей экспансии вопреки возможному воздействию вредного фактора2.

Поскольку организмы существуют в материальном мире, в котором происходят события, обусловленные причинно – следственными связями, то в природе происходят не случайные, разрозненные, несвязанные между собой события, а цепочки причинно

обусловленных событий. То есть, за событием А практически всегда следует целая последовательность причинно обусловленных событий В, С, D, и т.д. Так что практически всегда за одинаковыми событиями–причинами следуют одинаковые же события–следствия. Например, запах предшествует жжению, вид и звук летящего камня предшествуют удару этого же камня, вспышка при выстреле (скорость сигнала 300 000 км/сек) предшествует прилёту пули (скорость 0.5 км/сек) и приходу звука выстрела (скорость 0.33 км/сек). Тот факт, что события связаны в повторяющиеся последовательности, и даёт организмам возможность обнаруживать приближение опасного события с опережением, посредством обнаружения (неопасных) событий из этой последовательности, предшествующих опасному. Опережающее обнаружение опасных событий возможно, если предыдущее прохождение цепочки событий оставило след.

Образование такого следа, связи между двумя нейронами возможно при совпадении некоторых условий, скажем, при электрическом пробое. Следы, оказывающие существенное влияние на ход событий, можно наблюдать и в обычной жизни.

Проиллюстрируем образование следов привычным примером. Так, автомобиль или пешеход не оставляет существенного следа на сухом лугу. Но, если луг мокрый, то автомобиль своим весом продавливает размячённую почву, и на лугу остаётся существенный след – колея, которая уже будет влиять впоследствии на проезд других автомобилей хоть в сырую, хоть в сухую погоду. А вот пешеход на сыром лугу может и не оставить, и оставить след (если пешеход достаточно грузен). Точно так же, в зависимости от обстоятельств, какие-то связи в нервной системе вообще, и в мозге, в частности, могут образоваться, а какие-то могут и не образоваться.

Из-за причинной обусловленности событий впоследствии обычно, или хотя бы иногда, фактор2 из нашего примера будет следовать за фактором1. Но организм будет уже заранее, ещё до прихода вредного фактора2, по следу, оставленному в организме предыдущим эпизодом, «предусмотрительно» реагировать на него (иногда вхолостую, поскольку вредный фактор2 не придёт) и «убегать», сохраняя свою жизнь и продолжаясь впоследствии в потомстве, повторяя и в потомках очень полезную способность запоминать пары одновременно действующих факторов.

### **В этом и состоит полезная функция памяти – «предвидения».**

Организм, обладающий способностью «запоминать», пусть даже на 2-х – 3-х нейронах, с несколько большей вероятностью выживет и породит потомство, подобное себе, то есть, со способностью к запоминанию и использованию «приобретённого опыта». Тогда как не обладающие таким свойством организмы с большей вероятностью прервут свою линию существования.

Попытаемся оценить в цифрах полезность для организма нервной системы, способной к установлению связей между нейронами, которые были возбуждены примерно в одно и то же время. Для этого совсем необязательно проводить модный и таинственный компьютерный эксперимент. Вполне достаточно обычного калькулятора.

Пусть существовало две разновидности организмов: более простая разновидность "O1" без возможности установления связи между возбуждёнными нейронами; и разновидность "O2" с возможностью "приобретения опыта" – установления связей между двумя возбуждёнными нейронами. И пусть в некоторый момент происходит изменение условий существования – начинает иногда происходить некоторая последовательность событий, одно из которых в ней опасно для существования организма.

Каждый раз, сталкиваясь непосредственно с опасным событием D, организм O1 выживает с вероятностью 0.8. Тогда как более сложный организм O2 при таком же столкновении выживает с вероятностью 0.7. Каждая возможность, включая образование связей, чего-то стоит, поэтому стойкость организма O2, скорее всего, меньше, стойкости O1. Зато при последующих столкновениях с предшествующими неопасными событиями опасной последовательности организм O2 довольно часто сможет за счёт "приобретённого опыта" и опережающей реакции на его основе избежать непосредственного столкновения с опасным

событием D, так что вероятность выживания организма при повторных столкновениях с опасной последовательностью существенно увеличится, скажем, до 0.9.

Положим, что за время жизненного цикла от одного деления до следующего оба организма (и O1, и O2) сталкиваются с опасной последовательностью в среднем по 4 раза. Оценим математическое ожидание количеств организмов O1 и O2 после прохождения одного жизненного цикла, с удвоением в конце каждого цикла:

$$M_{O1_{11}}=0.8, \quad M_{O1_{12}}=0.8*0.8=.64, \quad M_{O1_{13}}=0.8*.64=.512, \quad M_{O1_{14}}=0.8*.512=.4096.$$

$$M_{O1_{21}}=.4096*2 = .8192, \text{ то есть, небольшое уменьшение численности.}$$

$$M_{O2_{11}}=0.7, \quad M_{O2_{12}}=0.9*0.7=.63, \quad M_{O2_{13}}=0.9*.63=.567, \quad M_{O2_{14}}=0.8*.567=.5103.$$

$$M_{O2_{21}}=.5103*2 = 1.0205 - \text{ в среднем, малое увеличение численности.}$$

Так что после первого, второго, третьего ... жизненного цикла (после удвоения, деления пополам) останется существовать, в среднем:

$$M_{O1_{14}} = .8192 * O1, \quad M_{O1_{24}} = .8192*.8192 \rightarrow .6711 * O1, \quad .5498*O1, \quad .4504*O1$$

$$M_{O2_{14}}=1.0205 * O2, \quad M_{O2_{24}} = 1.0205*1.0205 \rightarrow 1.0416 * O2, \quad 1.0631*O2, \quad 1.085*O2$$

Здесь  $M_{O2_{21}}$  обозначает математическое ожидание количества организмов типа O2, получившихся из одного исходного организма во 2-м жизненном цикле, на 1-ом шаге.

Видим, что, даже несмотря на свою меньшую стойкость при непосредственном столкновении с опасным событием, организм O2 за счёт "приспособления" (избегания опасных ситуаций) сможет выжить, тогда как O1, не обладающий таким свойством «приспосабливаться» (здесь речь идёт только о поведении, а не о строении тела), будет уменьшать свою численность, и, в конце концов, прекратит существование. Для большей наглядности изменение математического ожидания количества организмов O1 и O2 изображено графически на Рис 7.

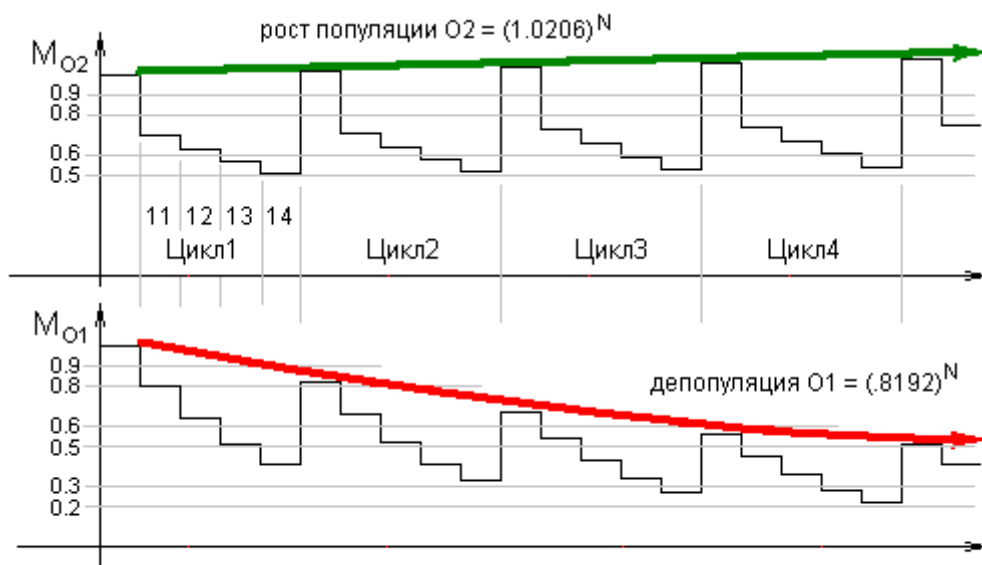


Рис 7. Увеличение численности организмов O2, могущих использовать опыт. Уменьшение численности организмов O1, не могущих использовать его.

Конечно, цифры, использованные при нашей оценке, достаточно произвольны. И, всё-таки, проведённый расчёт позволяет представить в цифрах преимущества организмов, способных "обучаться". В ходе оценивания способности организмов выживать становится понятно, что даже более уязвимые организмы, благодаря многократному использованию приобретённого ранее опыта, с опережением избегая опасностей при повторных столкновениях с опасными последовательностями, смогут выживать с большим успехом, чем организмы, не способные приобретать и использовать предыдущий опыт столкновения с опасными последовательностями событий.

Понятно, что соотношение скоростей размножения, вероятностей выживания организмов разных типов при их непосредственном столкновении с опасным фактором, их

способности к приобретению опыта, вероятности выживания организмов при повторных столкновениях с опасными последовательностями событий, частота приходов этих последовательностей в совокупности и определяют, какие организмы будут выживать, а какие сократят свою численность до нуля. В зависимости от значений всех этих параметров смогут выживать и простейшие организмы, и сложные организмы, усложняющиеся с каждым новым поколением.

За счёт увеличения шансов организма на выживание и генерации более успешного потомства наряду с выбыванием из жизни менее приспособленных образцов и происходит достаточно быстрая эволюция организмов, с выживанием как простейших организмов, так и организмов со всё возрастающим количеством нейронов, способных к запоминанию. Вплоть до появления «венца» природы – человека.

Отметим, что наша логика, и формальная математическая, и историческая, и интуитивная, и житейская, по существу, построена на простейших связях, устанавливаемых между нейронами. Суть каждого звена логики, материализованной в мозге в виде связи между парами нейронов, образовавшейся в какой-то момент времени между пребывавшими в возбуждённом состоянии нейронами и зафиксировавшей факт их одновременного возбуждения, может быть изложена в таком виде:

### **ЗА ФАКТОРОМ1 СЛЕДУЕТ ФАКТОР2.**

Установившись однажды, эта связь в дальнейшем при возбуждении нейрона (фактор1) сразу же будет вызывать возбуждение нейрона (фактор2)

Фактор может быть как элементарным, т.е. простейшим, неразложимым на составные факторы, скажем, сигнал от рецептора, так и очень сложным, представляющим собой значение огромной логической функции. Аргументами этой функции являются факторы, действующие на входы нейронов предыдущих звеньев переплетающихся логических цепочек, реализованных на последовательностях взаимосвязанных нейронов. Так что к рассмотрению основной, непосредственно рассматриваемой, связи между двумя понятиями – нейронами нашего мозга добавляются множество связей, уточняющих суть фактора1. Они сводятся к проверке условий, при которых такое следование имеет место, типа: «если факторК, и факторЛ, и ... Можно сказать, что любой рефлекс, любое созерцательно - повествовательное высказывание, любая мысль, любое суждение могут быть отображены в виде последовательности логических конструкций вида «если  $\Phi_1$ , «и»  $\Phi_2, \dots$ , «и»  $\Phi_N$ », то следует  $\Phi_z$ . А такая конструкция взаимно однозначно укладывается в предлагаемую нами схему отображения в человеческом мозге фактов одновременного возбуждения пар нейронов путём установления связи между ними. Возможность такого однозначного отображения является достаточным условием, чтобы процессы в центральной нервной системе могли моделироваться по нашей схеме. С другой стороны, оно не является необходимым, то есть, мы не утверждаем, что невозможно существование других способов однозначного отображения наших нервных процессов в рамках каких-то других моделей.

Следует отметить, что наши человеческие умственные способности, в общем-то, недалеко ушли от элементарного запоминания простейших однозвенных причинно-следственных связей между наблюдаемыми явлениями и последующего предвидения этих простейших зависимостей на основе именно этого предварительного запоминания, а не в результате скрупулезного анализа – выявления длинных причинно-следственных цепочек с возможными ошибками рассуждений. Только помним мы очень много, потому что у нас много нейронов и связей между ними. Поэтому и слышим мы часто, а иногда и сами говорим: «Если бы я знал, что такое может быть!». Хотя при целенаправленном анализе, хотя бы в два звена, или при знакомстве с широкой практикой других людей мы легко смогли бы заранее увидеть, что такое вполне возможно и бывает!

Конечно, из-за многообразия жизни не все так просто, как мы изобразили. Но, как мы видим, простота утрачивается не из-за сложности самих взаимодействий между нейронами мозга, а из-за огромного количества факторов, воздействующих на организм и необходимости ориентироваться с помощью огромного количества нейронов и связей между

ними во всем этом огромном многообразии вредных или полезных факторов окружающего мира, в котором мы живем.

Так, если в нашем примере в следующий раз одновременно будут возбуждены нейроны 1 и 3, то, в соответствии с нашими рассуждениями, устанавливается связь между нейронами 1 и 3 наряду с уже существующей связью 1-2. Поэтому при последующих возбуждениях нейрона 1 будут индуцироваться и действия организма, порождаемые возбуждением нейронов 2 и 3. Как же сможет организм адекватно отреагировать на существующие многообразные условия?

Но об этом мы поговорим несколько позже, чтобы не загромождать лишними деталями процесс понимания функционирования мозга.