

СТАТЬЯ ДЛЯ ЖУРНАЛА «ХИМИЯ И ЖИЗНЬ»

Адаптирована под их научно-популярный стиль. Исходный расширенный вариант.
Опубликована в №1 за 2024г. в укороченном варианте, стр. 50-55.

Мозаика проблемы самоосознания для технических систем управления с обучением¹

Д. Рогаткин (инженер), А. Ивлиева (биолог)

Вместо введения.

Сегодня очевидна тенденция развития технических систем управления, основанных на технологиях машинного обучения и искусственных нейронных сетях. А возможно ли искусственное (а может, даже, естественное?) сознание в технической «интеллектуальной» системе управления и как его распознать? Такой вопрос часто можно встретить в разных вариациях не только на страницах научно-популярных изданий, но и уже в серьезных академических научных кругах. Не вдаваясь в дискуссию об определении понятия «искусственный интеллект» (авторы уже высказывали свое мнение - см. ХиЖ, №1/2018), сразу подчеркнем, что речь сейчас будет идти не об интеллекте, как таковом, уровень которого разный у разных людей, а иногда и вовсе спорный, а о возможности системы осознать саму себя, свою субъектность на фоне событий и объектов внешнего мира, как это происходит у человека. В первую очередь у человека, хотя, возможно, речь нужно вести о животном мире в целом. Но об этом далее.

Почему сначала человек? Само существование собственного самоосознания настолько очевидно любому человеку, что ещё в XVII в. Р.Декарт говорил о наличии субъективного сознания, т.е. явления, противоположного объективному физическому миру, как о самом достоверном факте на свете². В продолжение, в XIX в. один из основателей современной психологии У.Джеймс назвал уверенность людей в существовании своего сознания самым фундаментальным постулатом психологии³. Именно постулатом, ибо не существует пока научного доказательства существования сознания у человека, хотя это никем всерьез и не оспаривается. Т.е. сознание – всем очевидный факт. Признаки его наличия у человека, скорее всего, настолько легко наблюдаемы в повседневной жизни, настолько типичны для популяции, что легко позволяют говорить о его наличии или отсутствии (при «потере»), а также о помутнении сознания при опьянении, об отключении при гипнозе, анестезии и т.д.

Что это за признаки - сформулируем позже. Сначала отметим, что отправной точкой в рассуждениях о сознании может являться еще и факт наличия сознания у других животных, помимо человека, как минимум у птиц и млекопитающих, хотя этот факт и не всем уже так сегодня очевиден. На самом деле, наличие сознания у животных обсуждалось давно, со времен Аристотеля, даже безотносительно к тому, есть общепринятое определение понятию сознания или нет (сегодня его нет). Много внимания этой проблеме уделяли Ч. Дарвин, Д. Ромес, И. Павлов. К настоящему времени, благодаря работам нескольких поколений ученых из разных стран, в частности, Л. Крушинского в СССР и G. Gallup в США, факт наличия сознания у животных уже не вызывает сомнений у специалистов. В ветеринарии давно

¹ По материалам научного семинара РАИИ 2022 г. (https://raai.org/storage/user_files/1/pii2202_rogatkin.pdf)

² Канышева О.А. Учение Рене Декарта о душе и сознании. - Вестник ВГУ. Серия: Философия, №3, 2021.

³ Джеймс У. Психология. - М.: Педагогика, 1991.

известны случаи потери сознания животными. В своей статье⁴ Gallup еще в 1970г. рассказал про «зеркальный тест» и доказал самоосознание (самоидентификацию) животных при «общении» со своим отражением в зеркале: шимпанзе, глядя на себя в зеркало, пыталась стереть рукой метку, нанесенную мелом у нее на боку экспериментатором, причем не в зеркале, а на собственном боку, т.е. осознавала отдельно себя и свое отражение в зеркале. А врановые, например, способны не только осознавать себя, но и понимать внутреннюю логическую структуру задач⁵. И если еще лет 30 назад люди делились примерно поровну на тех, кто признает наличие сознания у животных (в основном, профессионалы-зоологи и держатели домашних питомцев), и тех, кто это отрицает (люди, реже сталкивающиеся с животными), то сегодня, благодаря интернету и непрерывному видеонаблюдению за животными в заповедниках и зоопарках, всё больше тех, кто признает наличие сознания у братьев наших меньших. Уже слишком много фактов их осознанного поведения зафиксировано сегодня на камеру, которые иначе трудно объяснить. Как итог, в 2012 г. международная группа ведущих специалистов по когнитивным наукам и нейрофизиологии подписала Кембриджскую декларацию по сознанию (The Cambridge Declaration on Consciousness), в которой четко заявлено, что, кроме человека, остальные животные, в том числе и беспозвоночные (осьминоги и пр.), тоже обладают сознанием и способны к осознанному и целенаправленному поведению.

Следовательно, появление сознания – объективный эволюционный процесс, который должен иметь свои закономерности. Развитие сознания должно идти от простого к сложному, т.е. возможны и упрощенные формы сознания, элементы сознания, которые можно изучать и пытаться воспроизвести в технической системе в первую очередь. Сегодня считается, что «трудная проблема сознания», сформулированная Чалмерсом⁶, еще не скоро будет решена. Многие вообще полагают, что понять, как устроено сознание, нельзя. И не только потому, что сознание дано «от Бога» (мы не рассматриваем здесь вопросы теологии), а потому, что это очень сложно и требуется для этого еще очень много времени.

Тем не менее, надеемся, старшее поколение помнит то время, когда на фоне механических граммофонов и музыкальных инструментов стали появляться первые радиоэлементы (радиолампы, транзисторы), появлялось радио и телевидение, и многим тоже казалось, что это очень сложно. Тогда же и появились первые замечательные книги популяризатора науки Е.Айсберга «Радио? ... Это очень просто!», «Транзистор? ... Это очень просто!» и др. А что, если и сознание – это не так уж и сложно? Как-то же интуитивно мы его подмечаем у людей и животных... Может быть о нем всё или почти всё, на самом деле, уже известно, просто еще не собрано воедино, не сформулировано методически строго в правильном аспекте и не проверено в эксперименте?

Что давно известно о сознании.

Попробуем взглянуть на проблему с этой точки зрения. Наблюдение за развитием и взрослением ребенка с первых дней его рождения, вообще говоря, уже позволяет нам в самых общих чертах определить контуры естественнонаучного взгляда на феномен сознания. Это подметил еще В.Бехтерев⁷ в начале XX века. Осознание себя не дано человеку

⁴ Gallup G. Chimpanzees: Self-Recognition // Science. 1970. v.167.

⁵ Баготская М.С. и др. // Журнал высшей нервной деятельности, 2010, 60(5), с.543-551.

⁶ Чалмерс Д. Сознаний ум. В поисках фундаментальной теории. / перевод с англ. В.В.Васильева. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013.

⁷ Бехтерев В.М. Объективная психология. – Спб.: 1907-1910.

с рождения. Оно приходит постепенно. Это известно и описано во многих трудах специалистов по детской психологии, педиатрии, дошкольному воспитанию. В первые дни после рождения у малыша отсутствует даже координация движений, не говоря уже о сознании и интеллекте, хотя головной мозг полностью сформирован и «по конструкции» он далее по жизни не меняется, только развивается функционально. По внешним проявлениям у новорожденного есть лишь гримасы, хаотические движения руками, ногами и головой при возбуждении (позднее - *комплекс оживления*) и плач (рис.1). Нет осмысленного и сфокусированного взгляда на предметы. Нет произвольной (целенаправленной) реакции на окружающих. Присутствует быстрое перевозбуждение нервной системы и утомляемость, поэтому требуется частый сон. Грудной ребенок полностью привязан к матери (или взрослому, ее заменяющему), что можно даже говорить о едином комплексе «взрослый-ребенок». Младенец беспомощен без взрослого и погибнет без него. Безопасность, обогрев, питание и другие базовые потребности младенца обеспечивает взрослый. Системы управления организмом новорожденного, его нейронные сети, еще не настроены, не обучены, поэтому первые дни и недели жизни полностью уходят у него на формирование упорядоченного управления такими основными и жизненно важными функциями организма, которые не может обеспечить взрослый.

В первую очередь, поскольку в утробе матери эти функции не задействованы (питание через пуповину), у ребенка настраиваются собственные системы потребления воздуха, воды и пищи, а также выделительная система. Ребенок учится ощущать и регулировать процессы дыхания, глотания, реагировать на удушье, чувство голода, насыщения, управлять на физиологическом уровне процессами выделения. Первые недели жизни ребенка сосредоточены только на этом. Все внешние проявления – плач, срыгивание, гримасы, потуживания – наглядно отражают именно эти процессы и настройку систем управления ими. Реакция ребенка на внешний мир в это время не осмысленная и не произвольная. Он однотипно и всем телом автоматически реагирует на все внешние сильные раздражители: вздрагивает при сильном и резком звуке, проявляет комплекс оживления (возбуждения) при прикосновении и т.д., но не более. Только к возрасту 2-3 месяца у ребенка начинает проявляться «осмысленная» фиксация взгляда на окружающих, происходит узнавание цвета, запаха, контура крупных внешних объектов. Плач часто приобретает интерактивную функцию: ребенок начинает пользоваться им для инициации общения со взрослым. Начинается и собственное звуковое общение – *гуление*, что возвещает о начале настройки речевого аппарата. Ребенок начинает произвольно поворачивать голову в сторону даже не столь явных внешних визуальных и звуковых стимулов. Может уже начать «осознано» (*произвольно* – более профессиональный термин) глазами и поворотом головы (не всегда еще четко, но заметно для окружающих) следить за внешним предметом. Пытается дотянуться до него руками, приподнять голову. Одним словом, ребенок начинает ощущать раздельно себя и внешний мир, координировать свои первые действия с возникающей ситуацией, и проявляется это в целенаправленных движениях тела, генерации звуков и мимике. Хотя это, видимо, еще нельзя назвать моментом появления полноценного сознания, но это его начальный этап. Он четко виден окружающим. Возможно, аналогичные наблюдения подвели великого Аристотеля в свое время к формулировке его концепции об уме и сознании человека при рождении как о «чистой дощечке для письма» (*tabula rasa*). Это первый элемент нашей мозаики.

Далее, все дети по-разному, но разным временном интервале, но обычно только к 6-12 месяцам начинают более или менее внятно осознавать себя во внешнем мире, четко

понимать основные части своего тела и координировать их функционирование (моторику). В этом возрасте дети могут хватать и держать игрушку, намеренно тащить ее в рот, пытаться садиться и вставать, реагировать на свое имя. Они уже могут отличать родителей от чужих, проявлять к ним эмоции – улыбаться или пугаться. Могут уже осмысленно ассоциировать жесты и звуки, указывая на предметы или людей и сопровождая каждый такой жест специфическим лепетом. На этом этапе четко видно начало комплексного и ассоциативного восприятия внешнего мира (в смысле объединения разных стимулов и явлений в единое целое) и аналогичные комплексные и скоординированные между разными органами и частями тела ответные реакции. Интересно, что учение об *ассоциации* стимулов (раздражителей) как об одном из базовых механизмов работы нервной системы, на котором базируется сознание, было сформулировано еще в начале XVIII в. Д. Локком в рамках его знаменитого метода интроспекции (наблюдения за самим собой)⁸. Им была выдвинута гипотеза, что воспринимающее сознание не тождественно сигналам-стимулам, поступающим в него извне, а является их *ассоциативной комбинацией*, т.е. оно отражает еще и результат совместной «обработки» мозгом всех поступающих в него сигналов. Тогда же зародились и первые методы экспериментальной проверки подобных тезисов. В частности, была экспериментально решена задача Молиню. Задача формулируется так: рождённый слепым человек рано или поздно учится на ощупь различать формы предметов, например, шарик или кубик. А сможет ли он, получив способность видеть, только за счет зрения соотнести вид этих объектов с имеющимся у него тактильным опытом? Ответ оказался отрицательным⁹... Сознание и ум сами по себе, без опыта, ассоциации не выстраивают. Мальчик, которому вылечили зрение, по виду предметов не мог их различать между собой, не взяв в руки. Ни по форме, ни по размерам. Таким образом, *ассоциативное научение*, ассоциативные (условные) рефлексy – еще один из давно известных и важных пазликов в мозаике сознания. Задача Молиню доказала, что восприятие мира не вложено в субъект извне, не задано «сверху», *a priori*, а определяется его собственными сенсорными системами и жизненным опытом.

Полноценное же понятие «я» формируется у ребенка, видимо, только к 1,5-2 годам. Причем сначала для этого используются подсмотренные шаблоны взрослых, подражание. Например, в речи полуторогодовалых можно часто заметить, что они не говорят еще про себя «я», а называют себя как взрослые, по имени, в 3-ем лице (Ваня тоже хочет...). Это говорит о неполной пока сформировавшейся дихотомии «я – внешний мир» в сознании ребенка, но о процессе, который идет. Более того, известны в психиатрии случаи, когда в мозге развиваются и полноценно функционируют несколько разных локальных личностей и сознаний, которые слабо взаимодействуют друг с другом. Это так называемое «*диссоциативное расстройство идентичности*» - патология, которую первым описал, видимо, еще хрестоматийный врач Парацельс¹⁰. В его трудах были найдены записи о женщине, которая считала, что у нее воруют деньги, но реально их тратила сама, а точнее - ее «вторая личность», о которой «первая личность» ничего не знала. Сегодня известны

⁸ Локк Д. Опыт о человеческом разуме. Избранные философские произведения: в 2-х т. Т.1. – М.: Соцэкгиз, 1960.

⁹ Cheselden W. An Account of some observations made by a young gentleman, who was born blind, or lost his sight so early, that he had no remembrance of ever having seen, and was couch d between 13 and 14 Years of Age. // Philosophical Transactions. 1728. v. 35, No. 402. p. 447—450.

¹⁰ Rieber R.W. The duality of the brain and the multiplicity of minds: can you have it both ways // History of Psychiatry. 2002. 13 (49 Pt 1). P. 3–17.

случаи существования в одном человеке до 10-11 разных личностей. Все это означает, что сознание может функционировать очагами и в относительно более простой (локальной) части центральной нервной системы (ЦНС). Не обязательна для этого слаженная и полноценная работа всего мозга человека (животного).

Анализ этих фактов.

Таким образом, этапы формирования «я» у ребенка, факты потери сознания, в том числе животными, эпизоды существования субъекта в измененном сознании (сон, опьянение), со множественными очагами сознания и т.д. говорят нам о том, что сознание появляется в системе постепенно, на основе ассоциативного обучения, условных рефлексов и опыта, и оно постепенно дополняет и заменяет простое рефлекторно-автоматическое управление, основанное на врожденных рефлексах, *осознанным* управлением. Следовательно, сознание есть ни что иное, как режим управления системой, способ управления в режиме «*с сознанием*». Это не отдельная какая-то конструкция («железо»), не нечто, универсальное и привнесенное в систему извне («готовая программа»), а сформированные ей самой внутри себя и эффективные именно для нее принципы управления на основе и имеющейся конструкции, и индивидуального жизненного опыта. Живая система может управлять собой на разных уровнях организации управления, от простейших спинальных рефлексов до полностью осознанного и разумного поведения. Появление последнего, скорее всего, эволюционно неизбежно в самообучающейся системе управления автономным объектом, действующим в сложном и изменчивом внешнем мире. Чтобы успешно существовать и выживать, объекту нужно иметь много сенсоров разных поступающих к нему внешних и внутренних сигналов-стимулов (внутренних – от собственных органов и систем, например, сенсоров гипоксии, холода, напряжения мышц, положения тела и пр.). Пока сигналов (рецепторов) мало, как у простейших беспозвоночных (гидры, пиявки и пр.), возможно детерминированное управление на основе бессознательных рефлексов. Поскольку число комбинаций сигналов ограничено, можно заложить прямо в конструкцию системы автоматическую и стереотипную реакцию на каждую возможную комбинацию. Но как только количество рецепторов сигналов превысит некоторое пороговое значение, детерминированный алгоритм управления, скорее всего, уже не создать. Слишком много вариантов. Как минимум, не хватит времени. Ведь чем сложнее алгоритм, программа, тем больше времени надо на их создание и отладку. Это известно. При определенной сложности программы время на ее создание и отладку превысит не только все разумные сроки «появления ее на свет», но время жизни «программиста».

Так, видимо, в живых системах. У человека, по нашим оценкам, количество внутренних и внешних рецепторов примерно одинаково (по порядку величины) и составляет около 500 млн. штук. В сумме - под миллиард. Это самый «увесистый» пазл мозаики. Число разных комбинаций и сочетаний сигналов и жизненных ситуаций таково, что затруднительно создать детерминированный алгоритм даже для их простого одномоментного анализа, не говоря уже о выработке наилучшего варианта реакции на них и прогноза развития ситуации. Поэтому природа и предложила механизм самонастройки нейронных сетей, самообучения и выработки индивидуального субъективного сознания для управления такими сложными системами на основе их собственного опыта и особенностей «конструкции» (напомним, у разных животных разные органы и сенсорные системы, сигналы от которых требуют своего уникального осознания: у слонов хобот, у летучих мышей крылья и эхолокатор, у рыб плавники и боковая линия - все мы разные). Но

важнейший выделяемый здесь элемент мозаики, о котором часто забывают, он един. Это – два больших массива данных, требующих одновременного анализа и обработки: один от внешнего мира, а другой от собственных внутренних органов и систем. Именно последний дает объекту данные о себе самом. Об этом говорил еще В.Бехтерев. В современном же схоластико-метафизическом изложении американского философа Н.Блока – это два отдельных вида сознания: «А» (*access-consciousness*) и «Ф» (*phenomenal consciousness*). Но вернемся к этому позже.

Переходим к химии.

Если принять эту рабочую гипотезу - гипотезу самообучения и появления у индивида в ходе эволюции высокоуровневого режима управления под названием «сознание», то с настройкой нейронных сетей мозга, их обучением, сегодня, вроде бы, всё понятно. Но, причем здесь химия? И как живая система «ощущает» сама себя? Не останавливаясь на том, что «настройка» живой нейронной сети в части усиления или ослабления синаптических связей, как правило, есть чисто биохимический процесс (обеспечивается молекулами нейромедиаторов в синаптической щели), заострим внимание на другой системе организма, которая еще не так часто упоминается при обсуждении вопросов искусственного интеллекта и сознания, но которая, наиболее вероятно, не менее значима, чем нервная, а может быть и определяющая для понимания феномена сознания. Это – эндокринная (или *нейроэндокринная*) система, вырабатывающая гормоны. Гормоны могут вырабатывать как клетки желёз внутренней секреции специальных органов (щитовидная железа, кора надпочечников и пр.), так и разные отделы мозга (эпифиз, гипоталамус и др.) и даже отдельные нейроны. Пример - дофаминергические нейроны, вырабатывающие дофамин. Это тоже система управления. Только это не точечная доставка управляющих сигналов – молекул нейромедиаторов – как в нервной системе к отдельным клеткам-мишеням, а система «массового оповещения» целых ансамблей клеток, областей мозга и других органов за счет циркуляции в крови, ликворе, межклеточном пространстве аналогичных сигнальных молекул – гормонов (иногда это одни и те же вещества). Любые эмоциональные и интеллектуальные процессы в мозге, любые реакции на события внешнего мира, а также на внутренние процессы в организме, сопровождаются выработкой гормонов. А это уже чистая химия. Часто сегодня слово «химия» можно услышать в разговорной речи молодежи, когда речь заходит о любовно-романтических отношениях. Говорят, «была химия». И это правда. Эмоциональные переживания такого рода сопровождаются выработкой гормонов удовольствия и возбуждения – окситоцина, вазопрессина и т.д. Но, на самом деле, не только их и не только эти переживания. Чувства голода/насыщения, страха/решимости, ревности, восхищения, а, возможно, и вообще все чувства и эмоции вызываются и сопровождаются соответствующим гормональным фоном. Одним словом, гормоны - большой и важный массив внутренних сигналов-стимулов, которые воспринимаются внутренними рецепторами разных клеток, включая нейроны головного мозга, и управляют живой системой не меньше, чем нервная система.

Эстрогены и тестостерон, например, управляют сексуальным поведением особи и могут кардинально, особенно в период полового созревания, повлиять на поведение и мировосприятие подростка (да и не только его). Именно выброс этих накопившихся в избытке гормонов в определенное время развития активизируют и направляют половое влечение и поведение особи – процесс, именуемый часто «врожденным инстинктом». При этом гормоны обеспечивают не только физиологическое управление, как, например, выброс

адреналина активизирует кровоснабжение мышц или вазопрессин учащает дыхание при половом возбуждении. Многие гормоны, попадая на рецепторы нейронов, влияют также на активизацию или подавление их «умственной» работы в целых областях мозга. Пример – «гормон сна» *мелатонин*. Он гасит возбуждение во многих структурах головного мозга, давая им отдых. Но его возбуждающее действие отмечено в пейсмейкере циркадных ритмов в гипоталамусе (регулирует фазы сна). Также мелатонин стимулирует нейрогенез в гиппокампе. Нокаутные по рецепторам мелатонина мыши плохо обучаются, а введение в кровь экзогенного мелатонина улучшает когнитивные функции этих мышей.

Другой пример – гормон генерации стресса, страха, тревоги: вазопрессин. Один из эволюционно самых древних гормонов, гомологи которого найдены даже у беспозвоночных. Вазопрессин активно участвует в формировании социального поведения. Жизненный опыт в части общения с родителями, особенно полученный особью в постнатальном развитии, достоверно влияет на экспрессию рецепторов вазопрессина (а также окситоцина) у нейронов. Это известно из опытов с крысами. Наличие/отсутствие заботы родителей в период младенчества стойко приводит к отсутствию/наличию проблем с социальным поведением в обществе сородичей и в семейных парах в более поздний период. Проявляется либо явное миролюбие, либо стойкая агрессия, сильно коррелирующие с количеством рецепторов вазопрессина на нейронах. При этом, если нейромедиаторы «точечно» иницируют/подавляют потенциал действия конкретного нейрона через синаптическую связь с его дендритом, гормоны влияют непосредственно на гиперпараметры нейронов, причем в целой группе нейронов сразу - меняют функцию активации, порог и длительность активации и т.д. Они могут стимулировать нейрогенез и образование новых синаптических связей, т.е. влияют и на архитектуру сети.

Схематично, пути влияния гормонов на нейрон показаны на рис.2. Гормоны действуют на тело клетки, внутренние органеллы и(или) её ядро, цепляясь к рецепторам клетки. Ответ нейрона и продолжительность ответа зависят от типа рецептора и плотности рецепторов у нейрона, а плотность, в свою очередь, зависит от полученного жизненного опыта (индивидуальна). Соответственно, и поведение, и эмоции – индивидуальны. Более того, гормоны – еще и внутренний учитель для нейросетей. При обучении кто-то всегда должен говорить, что так правильно, а так нет. Если нет внешнего учителя (родителя), то подсказку даст учитель внутренний – набитые шишки, слёзы, голодный желудок, или, наоборот, чувство сытости, удовлетворения, комфорта. Всё это обеспечивается гормонами. Они – система внутреннего вознаграждения и наказания мозга и организма в целом, система мотивации к действию или бездействию. Гормон дофамин, в частности, повышено секретруется нейронами в ответ на положительный опыт особи: добытую вкусную еду, половое удовлетворение. Эксперименты показывают, что у человека даже воспоминания о счастливых таких моментах могут увеличить уровень дофамина в крови. Следовательно, дофамин участвует в оценке результатов поведения, закрепляет в памяти действия, положительно влияющие на выживание и продолжение рода, а еще создает предвкушение удовольствия. Именно последнее в известном опыте с крысами доводило их до иступления, когда они без усталости нажимали на педаль и стимулировали себе электрическим током выброс дофамина и эндорфинов в мозг. Все это тоже известно, но пока не рассматривалось детально под углом проблемы сознания, хотя уже лет 15 назад стали появляться первые работы по искусственным эндокринным системам для роботов¹¹.

¹¹ Q.Xu et. Al. Recent advances in the artificial endocrine system // J Zhejiang Univ-Sci C, 2011, 12(3):171-183.

Что наиболее интересно – за сутки в мозг поступает или образуется в нем самом много разных гормонов и других продуктов деятельности разных клеток организма в зависимости от жизненной ситуации. Под конец дня справиться с таким «бульоном» порой бывает уже трудно. Избыточное же и неконтролируемое накопление различных веществ в мозге может являться спусковым механизмом расстройств работы всей ЦНС (болезнь Паркинсона и пр.). Например, известно, что гиперактивность дофаминергической системы и чрезмерное накопление дофамина в мозге способствует развитию шизофрении. Поэтому существует во время сна специальная процедура «промывки мозгов». В фазе медленного сна происходит повышенная продукция и выброс в желудочки мозга свежей цереброспинальной жидкости, с помощью которой далее усиливается вывод метаболитов работы мозга по специальному g-лимфатическому пути (glymphatic pathway). И на утро в норме мы уже *чувствуем* свежесть и ясность мышления, новые *эмоции*.

А как же возникают эти чувства, эмоции? Что это такое? Сегодня считается, что проблема чувств и эмоционального восприятия (проблема *квалия*) – наиболее непонятная в теории сознания и является ключом к трудной проблеме сознания. Со времен книги К.Льюиса «Разум и мировой порядок» (1929г.), которая «узаконила» термин *квалия*, ведутся споры о природе и значении квалии в картине мира человека. Почему и как человек «ощущает» цвет? Почему длинные волны – красный свет, а короткие - синий? Почему вообще красное является красным, а кислое кислым? Как формируются и что есть такое чувство стыда, голода, любопытства и т.д.? Хотя основные положения субъективного идеализма о чувственном опыте были сформулированы Д.Беркли задолго до Льюиса, аж в XVII в., до последнего времени внятного объяснения с естественнонаучных позиций формированию субъективных квалии не опубликовано. Однако прогресс нейробиологии, семиотики, теории категорий и ряда других наук позволяет сегодня приоткрыть и эту интригующую завесу. Но для этого надо вспомнить про энергозатраты и про принцип экономии мышления Маха и Авенариуса (тоже давно известно¹²).

Общее управление в живых системах построено по рефлекторному типу: реакция на внешний или внутренний стимул-раздражитель, избегание или максимально возможная минимизация нежелательных раздражений, как от внешних, так и от внутренних рецепторов организма, при максимальном достижении положительных эмоций и вознаграждений. Например, голод. Недостаток питательных веществ в крови (жиров, глюкозы) как стимул-раздражитель приводит к выработке гормона грелин специальными клетками желудка. Поступая в кровь, грелин действует на пищевой центр головного мозга - ядра гипоталамуса, возбуждая чувство голода, которое, в свою очередь, активизирует обоняние, действия по поиску пищи и т.д. Растяжение стенок желудка после еды приводит к уменьшению секреции грелина. При этом известно еще со времен И.Сеченова, что в мозге при мышлении происходят аналогичные рефлекторные процессы. Решение любых умственных задач есть рефлекторно инициируемое уменьшение возбуждений-противоречий, возникающих внутри мозга от расхождения желаемого с реальностью. Однако нейроны, хоть и одноклеточные, но живые организмы. Им при активной работе требуется усиленное питание, дыхание, обмен веществ. Раздражения очень энергозатратны! Поэтому на физиологическом уровне вырабатываются условные рефлексы, минимизирующих энергозатраты. Они готовят организм к последующим действиям и ведут его по наименее затратному пути в известной особи конкретной ситуации. Поэтому, вполне

¹² Э.Мах. Механика. Историко-критический образ ее развития. - Ижевск, 2000. С.408-421.

логично, что и на уровне мышления и обработки информации происходят аналогичные процессы. Мозг из миллионов внешних сигналов с помощью обнаруживаемых ассоциаций формирует устойчивые компактные образы – концепты объектов и явлений внешнего мира. Так принцип *минимизации раздражений и экономии мышления* приводит у живых систем с нейроэндокринной системой управления (а другие в природе и неизвестны) к формированию знаковой картины мира, знакового мышления, мышления собирательными интегральными понятиями и категориями¹³.

Сознание оперирует не отдельными стимулами и раздражителями, а обобщенными понятийными категориями, их значениями и смыслами. Так экономнее. Это в целом было известно еще Платону в Древней Греции. Правда Платон объяснял нашу способность к формированию общих понятий с помощью своей теории идей - «*эйдосов*», (от греч. «эйдос» - образ). Он полагал, что существуют некие идеальные общие понятия, например, идеальное представление о сущности «*стол*», которое дано нам «сверху» и которое позволяет в каждом конкретном экземпляре стола распознавать стол. Узнавая вне зависимости от количества ножек, формы, цвета и т.д. ключевые сущности стола, мы говорим: «Это стол». На языке математической теории категорий мы бы сказали сегодня, что в нашем сознании существует некий идеальный образец (эталон) стола с набором переменных – форма (круглый, квадратный), назначение (журнальный, обеденный), число ножек и т.д., подставляя на место которых конкретные числовые и иные значения мы получаем конкретный экземпляр стола из общего класса объектов «*столы*». Иногда в дошкольной психологии такие эйдосы применительно к сенсорному восприятию именуют *сенсорными эталонами*. Отличие современного взгляда от концепции Платона только в том, что понятийные категории не даются «сверху», не являются врожденными, а закономерно формируются живыми нейросетями в процессе обучения и осознания мира¹⁴.

Но это лишь уровень «А-сознания» для объективных, общих для всех и представимых в воображении зрительных, слуховых, осязательных и т.п. образов внешнего мира. А мир внутренний? Не менее логично предположить, что схожие процессы ассоциаций и экономии «мышления» идут и для миллионов сигналов от внутренних рецепторов. Просто мы не видим зрительно жажду или беспокойство, не слышим уверенность или азарт. Мы не можем субъективные ощущения представить себе и описать как объекты внешнего мира. Это не объекты. Но мы формируем внутри себя компактные обобщения-концепты и для типовых и часто встречающихся наборов внутренних сигналов-раздражителей. Просто, мы воспринимаем их особо, субъективно, как отдельные *квалия* и оперируем «интегральными чувствами». Они, не исключено, имеют у каждого свои оттенки. Но в целом эти обобщения у нас у всех схожи. Ведь мы же понимаем друг друга, можем сочувствовать, сопереживать, вместе одинаково радоваться и наслаждаться. Мы понимаем, что значит «прочувствовать», и в нашем языке есть для каждого такого чувства свои знаки-слова. И что примечательно - на разных языках эти слова произносятся по-разному, но смысл у них един, поэтому мы и понимаем друг друга. Каких-то особенных квалия русские не имеют в сравнении с французами, а французы с японцами. Значит, в целом, это общая закономерность для наших нейроэндокринных систем управления.

¹³ Осипов Г.С. и др. Управление поведением как функция сознания. Ч.1. Картина мира и целеполагание. // Известия РАН. Теория и системы управления. 2014. № 4.

¹⁴ Лапаева Л.Г. и др. Нейробиология, понятийные категории языка и элементарная модель мира робота. // Труды XIV Конф. по искусственному интеллекту КИИ-2016 – Смоленск: Т.2, с. 292 -293.

Вершина мозаики.

И вот остался совсем один шаг в понимании базового принципа формирования самоосознания. Сделаем его. Все отдельные объекты и явления внешнего мира тоже постоянно консолидируются нашим мозгом в силу экономии мышления во все более и более общие категории: стол и стулья – в категорию «мебель»; мебель, комната и здание в понятие «жилище»; молния, гром и сильный ветер – стихия, и т.д., пока, не объединив всё, не придем к мега-категории «внешний мир». Ну а внутренние чувства и ощущения, внутренние квалия, совместно с представлением о своем теле и его частях, консолидируются в мега-категорию «я», которая существует внутри внешнего мира. Мозг оперирует этой мега-категорией как и другими, и принимает свое существование во внешнем мире как реальность. Таким образом, основные результирующие элементы мозаики сознания - две неизбежно формируемые в силу экономии мышления и восприятия оппозиционные мега-категории «я» и «внешний мир» (рис.3).

Ну и теперь последним и центральным звеном всей нашей мозаики, по всей видимости, нельзя не обозначить процесс памяти. Никакая выработка условных рефлексов, никакое ассоциативное научение невозможно без памяти. Сегодня в целом понятно, что память обеспечивается постоянной циркуляцией потенциалов действия и сигнальных молекул в нервной системе по сигнальным путям, которые кодируются коннектомом нервных сетей, сенситизацией синаптических связей и рецепторами сигнальных молекул. Даже уже изобретены искусственные нейронные сети с памятью. Но в деталях феномен памяти пока изучен менее остального. Именно на нем, видимо, надо сфокусироваться сегодня для решения трудной проблемы сознания. Как возникают в памяти ассоциации и понимание того, что «это уже было»? Считается, что память по своей природе автоассоциативна¹⁵. Любая поступающая в мозг информация сразу фрагментируется и анализируется на предмет новое/известное. Запоминается неизвестное в контексте построения семантических связей и консолидации с известным. При встрече с неизвестным мужчиной – Егором – взрослому человеку, на самом деле, известно практически всё. Имя такое известно. Что есть мужчины – известно. Рост, возраст, цвет глаз, похожая одежда – уже встречались неоднократно. Надо только для образа нового Егора выстроить нужные связи между известными концептами. У ребенка процесс аналогичный, только известно ему намного меньше. Он может не понять породу встретившейся собачки, и не опознать в ее ухе чип, но ему может быть уже известно, что это «ав-ав», и что это опасно – может укусить. И так вплоть до первых услышанных им звуков или увиденных свето-теневых образов после рождения. Что примечательно: если мама вдруг скажет про чип в ухе собачки, то ребенок, если ему интересно, обязательно переспросит, а что это? Ему потребуются подсказки, как выстроить связи о чипе с известными ему концептами. В дошкольной психологии есть даже такое понятие «возраст почемучек». Это когда малыши без устали пытаются понять, что есть что, и мучают всех расспросами. Ведь понять – это непротиворечиво встроить новую информацию в имеющуюся субъективную внутреннюю картину мира. Поэтому про чип надо объяснять не про полупроводники и нанотехнологии, а концептами, которые уже знает ребенок. При этом анализ новой информации не ограничивается только моментом ее прихода. Во сне, при воспоминаниях, в рассуждениях (у других животных тоже есть рассудочная деятельность, ее элементы), в детской игре мы постоянно продолжаем вольно или невольно анализировать и интегрировать информацию, строить ассоциации. Таким

¹⁵ Хокинс Дж., Блейкли С. Об интеллекте: Пер. с англ., - М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 240 с.

образом, память, как и собственно формирование сознания и внутренней картины мира – непрерывный *процесс*. Одно не отделимо от другого. Этот факт - основной скрепляющий элемент мозаики, ее фундамент, основа.

Ну хорошо, - скажет скептик. Допустим, так и есть. Сознание при таком рассмотрении не так уж и загадочно, и такую мозаику, видимо, можно собрать и запустить в работу в технической системе небиологической природы. А как распознать, что система управляется в режиме с сознанием и осознает сама себя? Как «увидеть» ее сознание? Этот вопрос уже анализировал в свое время известный философ Д.Сёрл, автор мысленного эксперимента «Китайская комната». Он справедливо отметил, что наука никогда не подойдет к онтологической редукции сознания, к его прямому объективному наблюдению, т.к. это, фактически, приведет к элиминации (уничтожению) субъективного. Онтология сознания - это онтология от первого лица, поэтому к сознанию неприменима объективистская модель научного наблюдения с позиции третьего лица. Поэтому наблюдать сознание можно только по внешним косвенным проявлениям, по поведению. Ровно так, как мы наблюдаем его у животных и себе подобных.

Первое и наиболее важное – наблюдение такое должно быть длительным. Одного беглого взгляда на лежачего человека с закрытыми глазами недостаточно, чтобы понять, потерял он сознание, пьян, или просто прикрыл глаза и лежит в задумчивости, размышляя над таким своим странным поведением. Более того, любой артист может сыграть потерю сознания, психическое расстройство, инсульт и т.д., да так, что и не отличить. Поэтому сразу сказать, есть в системе сознание или нет, – нельзя. А вот сама способность играть, шутить, обманывать, если ее подметить – признак осознанного поведения. Осознанное поведение – оно вариативно. Оно подвержено личностным смыслам, целям, эмоциям, настроению. Оно многогранно и направлено на удовлетворение потребностей в еде, в общении, в самореализации самой особи и(или) ее окружения (семьи и т.д.). Скорее всего, такое поведение просто невозможно без сознания. Нужно только его распознать.

Под занавес, если еще раз взглянуть на собранную мозаику, не видно никаких принципиальных ограничений, почему нельзя создать техническую систему, в которой по мере обучения на указанных выше принципах внутри ее системы управления сформируется самоосознание своего «я». И не исключено, что это будет система, намного превосходящая человека и всех известных животных по своим возможностям. Сознание, как уже указывалось, очень энергозатратно. Живой системе с её принципом получения энергии с едой, водой, теплом и воздухом очень трудно выделить много ресурсов на работу мозга. Поэтому у нас внутри есть ограничители: узкое внимание в каждый момент времени лишь на небольшой части происходящего, постепенная утомляемость с замедлением восприятия и т.д. А современные технические системы могут и не иметь таких ограничений. Теоретически, искусственное сознание можно даже запитать энергией от персональной атомной электростанции. Какой широты кругозора, неутомимости и одновременного охвата проблем может быть тогда такое сознание – дух захватывает представить себе. Но это уже тема для художественной фантастики...

Заключение.

В качестве эпилога: если допустить возможность создания таких технических систем с сознанием хотя бы уровня животного или человека, сразу возникает очень сложный морально-юридический аспект, который, нельзя замолчать. Не исключено, что он кардинально повлияет на всю нашу цивилизацию в самое ближайшее время. И это не будет

проблема с роботами и системами искусственного интеллекта, как ее описывают многие предсказатели - восстание роботов и пр. Это будет, как всегда, проблема с человеком, с его нравственностью и моралью. Ибо, если техническую систему с сознанием можно выключить, разобрать по винтикам и т.д. (убить), то почему нельзя это же проделать с аналогичной биологической системой? Где грань и в чем разница, если обе системы одинаково осознают и чувствуют себя во внешнем мире? Или станет уголовным деянием наносить ущерб любой технической системе с сознанием? Последнее представляется абсурдным, а, значит, пострадают биологические системы. И это, возможно, главный вывод из сказанного, о котором необходимо всерьез задуматься уже сегодня.



Рис. 1

Гормоны не вызывают сами (не инициируют) потенциал действия, но:

Влияют на установление синаптической связи

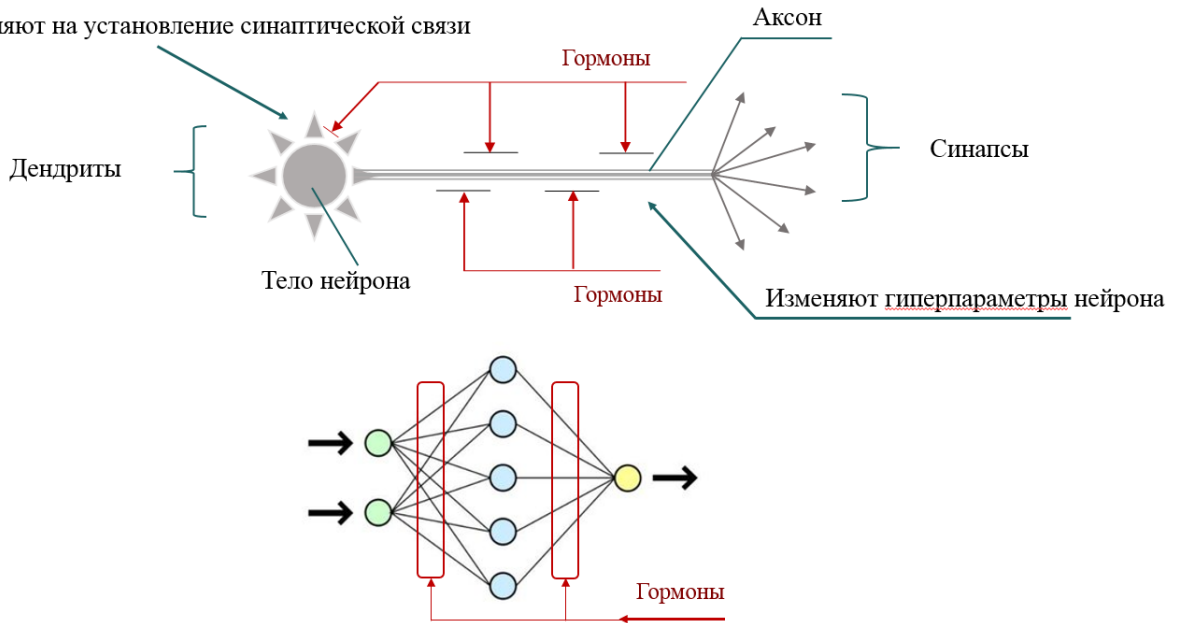
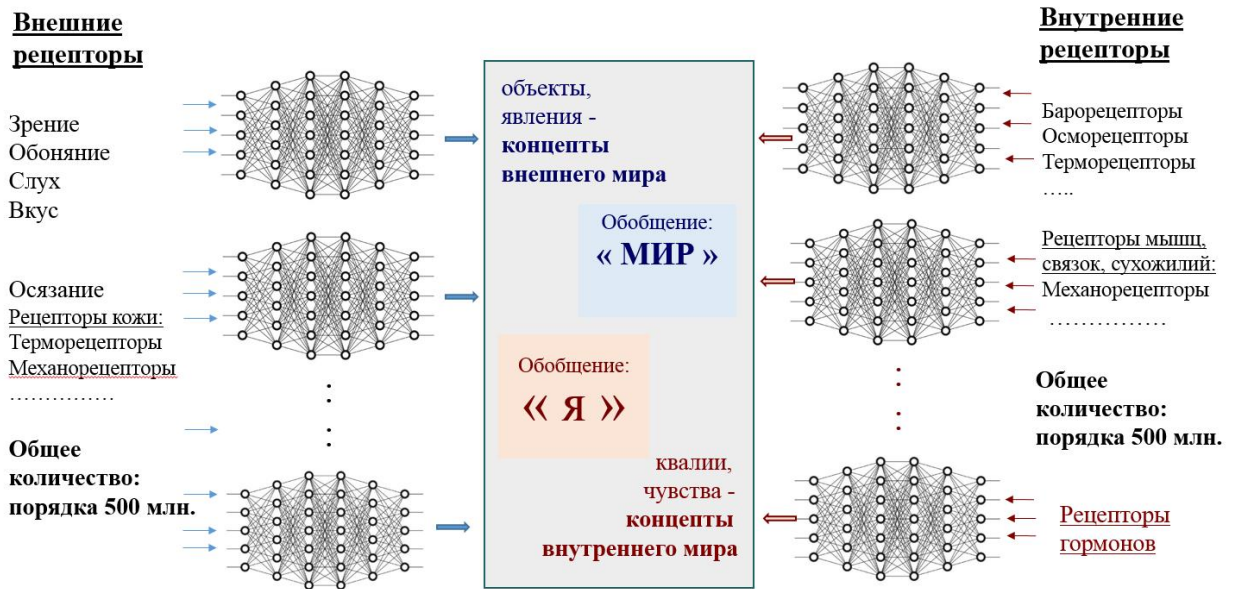


Рис. 2.



Нейронные сети воспринимают, свертывают, ассоциируют и обобщают все сигналы в концепты

Рис. 3.