

# НЕЙРОКИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОВЕДЕНИЯ

К.Н. Дудкин, И.В. Чуева

Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия,  
[cognition@pavlov.infran.ru](mailto:cognition@pavlov.infran.ru)

Формирование кибернетики в середине XX века, во многом, подготовлено предшествующими достижениями в мировой физиологии и психологии. И.М. Сеченов и И.П. Павлов и их последователи, создав русскую физиологическую школу, выявили ряд основных принципов организации поведения. Поставив задачу изучения организации поведения «*всего нераздельно животного организма*» (по Павлову), включающего психическую и физиологическую деятельность, они не только определили вектор развития физиологии, но и стали предтечами кибернетики.

Сеченов впервые (1863) ввёл в физиологию принцип зависимости восприятия (сенсорных процессов) от прошлого опыта (памяти) и рассмотрел чувствование, как *сигнал*, заложив идею *саморегуляции* в рефлекторную схему. Павлов не только открыл и изучил механизмы *условного рефлекса*, но и высказал идею о механизмах, предшествующих сенсорному анализу (*рефлекс цели*, 1916) и представляющих собой «*стремление к обладанию определённым раздражающим предметом*» («*стремление к цели*»). Идеи Павлова развили его последователи: «функциональная система» и прогнозирующий механизм - акцептор действия (Анохин); «физиология активности» с механизмами «программирования потребного будущего» (Бернштейн). Позднее «целеустремлённая система» стала одним из центральных понятий в кибернетике (Rosenblueth, Wiener, Bigelow, 1943; Ackoff, Emery, 1972).

Заложив основы науки о поведении, Сеченов и Павлов ввели в физиологию новые научные понятия, адекватные новым задачам. *Сигнал, анализатор, анализ сигналов, центральное торможение, саморегуляция, мышление, образы, признаки* (по Сеченову), *условный и ориентировочный рефлексы, анализ и синтез сигналов, подкрепление, мотивация, рефлекс цели, рефлекс свободы, мышление, первая и вторая сигнальные системы* (по Павлову) составили понятийную основу для изучения нейрофизиологической организации поведения. Многие из этих понятий были использованы в кибернетике.

Данная работа основана на многолетнем изучении организации поведения обезьян (макак резус) и является развитием концепций Сеченова и Павлова. Полагаем, что поведение реализуется, исходя из биологических и социальных потребностей, формирующих цели, мотивации, установки, управляющие процессами восприятия и механизмами памяти. Объекты внешней среды, воздействуя на организм, определяют формирование разнообразных когнитивных структур, образующих «модель мира» в его памяти (Дудкин, 1985; 2007; Дудкин, Чуева, 2008). Нейрофизиологические принципы организации поведения, сформулированные в концепциях Сеченова и Павлова, во многом обуславливают современную методологическую базу когнитивной нейрофизиологии и нейрокибернетики. Исходя из этого, считаем необходимым - рассмотреть их в этом современном контексте, тем более, что во второй половине 20-го века во многие физиологические направления хлынули потоки новых идей, концепций, методов, понятий и новой терминологии. Большинство из них основывалось на информационном и системном (кибернетическом) подходах.

Сеченов сформулировал (1863) физиологические принципы поведения, основу которого составляет психическая деятельность. Он рассмотрел физиологический феномен - «рефлекс» в качестве глобального принципа взаимодействия организма с внешней средой, трактуя его как процесс, включающий три основные составляющие: чувствование, психическую деятельность и движение. Психические процессы по Сеченову - звено рефлекса между сенсорными входами и моторными выходами, локализованное в головном мозгу. Были определены две основные функции чувствования: инициирование характеристик действия (реакций организма) и их регуляцию. Впервые он рассмотрел чувствование, как сигнал, заложив идею саморегуляции в рефлекторную схему (обратная связь - кольцевое управление движением).

Понимание воспринимаемой информации базируется на сведениях, хранящихся в памяти, через которую осуществляется связь между программами восприятия и моторными реакциями, вызываемыми сокращениями мышц, их результаты - мышечные сигналы - посредством обратной связи направляются в центры головного мозга. В дальнейшем управлении поведением организма основную роль играют уже психические процессы. Это управление производится в соответствии с мышечными сигналами, которые отображают пространственно-временную структуру изменений во внешней среде. Сеченов впервые установил (1862), что наряду с центрами, возбуждающими рефлексы, существуют центры, которые рефлексы тормозят. Совместная деятельность этих центров определяет организацию поведения. Он считал, что «центральное торможение», локализованное в головного мозга, является нервным механизмом психических функций – воли и мышления.

Восприятие и понимание объектов внешнего мира по Сеченову возникают благодаря памяти. При взаимодействии организма с внешней средой формируются представления, понятия, образы, признаки (в современной трактовке все эти понятия - когнитивные структуры), и эта информация хранится в долговременной памяти. Узнавание по Сеченову обусловлено способностью организмов - *выделять и запоминать наиболее характерные признаки, а процесс узнавания осуществляется посредством сопоставления по тождеству результатов текущего сенсорного анализа с репродуцируемым содержанием долговременной памяти.* Процессы узнавания включают обработку сенсорной информации и выделение признаков, в результате формируются впечатления; репродукцию из памяти содержащихся в ней признаков и образов; сопоставление по тождеству полученных впечатлений и воспоминаний о них. Признаки и образы по Сеченову – продукты физиологической структурно-функциональной организации. Эта идея - одна из основных в современной когнитивной нейрофизиологии.

Работы Павлова и его школы - новая эпоха в развитии науки о поведении – «высшей нервной деятельности». Павлов, также как и Сеченов, считал, что организм и внешняя среда – единая система, и во всех своих исследованиях руководствовался системным подходом. Он изучал не только внутренние механизмы саморегуляции физиологических процессов, но и механизмы, обеспечивающие непрерывное взаимодействие и неразрывное единство организма и окружающей среды. На протяжении всей своей научной жизни Павлов интересовался взаимодействием нервной системы с деятельностью внутренних органов. Эксперименты, связанные с изучением пищеварительной системы, в начале XX века привели его к открытию и дальнейшему всестороннему изучению условных рефлексов. Павлов и его коллеги обнаружили, что один только вид или запах пищи действуют как сигнал для образования слюны. Следовательно, *«Можно любое явление внешнего мира сделать временным сигналом раздражающего слюнные железы объекта, если раздражение слизистой оболочки этим*

объектом связать во времени один или несколько раз с действием этого явления на соответствующую воспринимающую поверхность тела» (Павлов, 1949. с. 350).

И.П. Павлов впервые экспериментально доказал, что работа пищеварительной системы зависит от нервной системы и обусловлена нервными и психическими управляющими механизмами. Эти исследования привели к открытию *условных рефлексов*. Именно за эти исследования И.П. Павлову в 1904 году была присуждена Нобелевская премия. По Павлову, *условный рефлекс* - элементарное психическое явление, которое является и чисто физиологическим явлением. После 1902 г. Павлов полностью сконцентрировался на изучении высшей нервной деятельности, лежащей в основе поведения. В этих исследованиях он опирался на работы Сеченова, посвященные введению физиологических основ в психические процессы, и неоднократно подчеркивал своё единомыслие с ним. В исследованиях Павлова с сотрудниками был выработан и окончательно сформирован новый язык описания механизмов организации поведения – *высшей нервной деятельности*. *Условный рефлекс* Павлов использовал, как методологический инструмент для выявления закономерностей поведения. Положение о взаимодействии организма с внешней средой было им сформулировано в виде одного из основных принципов рефлекторной деятельности.

В поведении животных и человека по Павлову много сходного, однако, человек имеет важное отличие - речь. Он ввёл новое понятие - «*вторая сигнальная система*», характеризующее «*чрезвычайно сложный дополнительный инструмент*», позволяющий использовать смысл речевых или письменных сообщений. «*Вторая сигнальная система*» - бесконечно более сложная, чем «*первая сигнальная система*» (первичные сигналы и символы, воспринимаемые животными). Положение Павлова о речи как второй сигнальной системе, следует рассматривать в качестве важного первого шага в создании современного направления, связанного с изучением возможных принципов и моделей порождения и восприятия речи человеком.

По Павлову организм взаимодействует с внешней средой на основе анализа воспринимаемой информации и синтезирующей деятельности нервной системы. Он разработал программу изучения «*анализаторов*», «*центральные концы*» которых локализованы в коре больших полушарий. Объекты внешней среды, воздействуя на организм по двум основным каналам (*условный и безусловный* стимулы), вступают с ним во взаимодействие. Сенсорная информация (*условный стимул*) проходит несколько этапов переработки: *элементарный анализ* и *элементарный синтез в периферических концах анализаторов*; *высший анализ* и *высший синтез в центральных концах анализаторов*. При анализе отображения объектов раскладываются на *единицы* (формируются описания объектов); при синтезе части вновь соединяются в целое. При выработке условного рефлекса механизмы мотивации, активированные безусловными стимулами, и механизмы реализующие *рефлекс цели*, активно участвуют в анализе сенсорной информации и синтезе результатов анализа на всех этапах, формируя *биологическое значение* индифферентного ранее объекта (*условного стимула*) и стремление к реализации цели.

Очевидно, Павлов был хорошо знаком с взглядами Сеченова, который более 100 лет назад предложил концепцию о признаках и образах и утверждал, что они являются *продуктами структурно-функциональной физиологической организации* (Сеченов, 1952, с.355). То, что Павлов не использовал понятия: «*признаки*» и «*образы*», хотя, в неявном виде они присутствуют в его концепциях, можно понимать, как максималистскую позицию в принципиальном

отказе от применения любых психологических терминов. Сеченов сформулировал концепцию о *конкретном предметном мышлении* (Сеченов, 1952, с. 358) при сопоставлении по тождеству реального впечатления и воспоминания о нём при узнавании предмета. «...Это есть *наипростейшая форма мысли, свойственная даже животным, форма, с которой начинается умственная жизнь*» (Сеченов, 1952, с. 496). По Сеченову при узнавании предметов необходимо различать их свойства и характеристики: «...*различение в предметах их свойств есть уже род мышления предметами и их свойствами...*» (Сеченов, 1952, с. 358). Фактически в своих работах Сеченов впервые дал физиологическое объяснение взаимодействия восприятия и мышления.

Информация об объектах внешнего мира по Павлову при «анализе» расчленяются на единицы, части, которые представляют собой нервные процессы. По Сеченову анализ предметов заключается в выделении их признаков и свойств. При «синтезе» по Павлову из составляющих, полученных при анализе, под управлением процессов мотивации и цели вновь формируется нечто целое (биологически значимый образ?). По Сеченову образ – представление, репродуцируемое из памяти для сравнения по тождеству реального впечатления с воспоминанием о нём. Все нервные процессы по Павлову - продукты функционального разнообразия структурной организации коры и его интересовали правила, по которым производится и анализ, и синтез в коре больших полушарий. В процессе познания Павлов, интерпретируя результаты исследований, включал в свои концепции новые понятия. «*В окончательном результате большими полушариями собаки постоянно производится в разнообразнейших степенях как анализирование, так и синтезирование падающих на них раздражителей, что можно и должно назвать элементарным, конкретным мышлением. Это мышление таким образом обуславливает совершенное приспособление, более тонкое уравнивание организмом окружающей среды*» (Павлов, 1949, с. 473). Это положение соответствует современному понятию «обогащение внутренней модели мира» в процессах формирования поведения, ибо именно конкретное мышление лежит в основе создания и дальнейшего развития модели мира.

Положения Сеченова и Павлова являются фундаментом для многих современных физиологических и нейрокибернетических парадигм. Например, в процессе организации поведения при обучении зрительному узнаванию обычно постулируется три уровня: низкий, связанный с процессами обработки и сегментации объектов; средний, заключающийся в символическом описании свойств, выделенных в процессе сегментации; высокий, на котором происходят понимание воспринятой информации, классификация и узнавание объектов. Обучение основывается на способности организмов выделять и запоминать наиболее характерные разделительные признаки. Установлено, что условно-рефлекторное поведение основано на взаимодействии сенсорных, когнитивных и управляющих (мотивации, цели и внимания) процессов. Условные временные связи в этом поведении устанавливаются между исполнительными реакциями и когнитивными структурами (разделительными признаками), формирующимися в коре головного мозга в процессе обучения инвариантному зрительному узнаванию. Те же структуры выступают в роли установок (цели) для выделения разделительных признаков в текущем поведении. Фактически в процессе условно-рефлекторного поведения формируется целеустремлённая функциональная система – модель результата действий, она и реализует требуемый результат.