

- венная практика / Отв. ред. Е.В. Шорохова. М., 1985.
22. Столин В.В., Пантилеев С.Р. Тест-опросник самоотношений // Практикум по психодиагностике. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 123–130.
 23. Сухарев А.В., Степанов И.Л., Струкова А.Н., Луговский С.С., Халдеева Н.И. Этнофункциональный подход к психологическим показателям адаптации человека // Психол. журн. 1997. Т. 18. № 6. С. 64–72.
 24. Сухарев А.В. Этнофункциональная психотерапия опиоидной наркомании: анализ клинического случая // Психол. журн. 1999. Т. 20. № 1. С. 103–113.
 25. Сухарев А.В., Степанов И.Л. Этнофункциональный подход в психотерапии аффективных расстройств депрессивного спектра: сравнительный анализ // Психол. журн. 1999. Т. 20. № 4. С. 90–95.
 26. Хотинец В.Ю. Исследование различных форм выражения этнического самосознания у студентов-удмуртов // Психол. журн. 1997. Т. 18. № 4. С. 36–42.
 27. Хотинец В.Ю. Зависимость развития интегральной индивидуальности от особенностей этнического самосознания // Психол. журн. 1999. Т. 20. № 1. С. 114–119.
 28. Чеснокова И.И. Проблема самосознания в психологии. М., 1977.
 29. Штейнталь Х., Лацарус М. Мысли о народной психологии. СПб., 1865.
 30. Шпет Г.Г. Введение в этническую психологию. СПб., 1927.
 31. Ядов В.А. Саморегуляция и прогнозирование социального поведения личности. Л., 1979.

PSYCHOLOGICAL PECULIARITIES OF THE ETHNIC SELF-CONSCIOUSNESS OF THE MONTANE JEWS AND OSSETIANS (DATA ON KABARDINO-BALKARIAN DIASPORA)

T. A. Ratanova*, A. A. Shogenov**

*Dr. sci. (psychology), professor, head of the chair of psychology, The State Open University, Moscow

**Cand. sci. (psychology), head of the Department of psychology, Nalchik

There were compared the psychological peculiarities and the character of the ethnic self-consciousness manifestation in young generation (17–25 years old) of the montane Jews' and Ossetians' Diaspora in Kabardino-Balkaria. The structure and the self-consciousness manifestation in two groups were studied using questionnaires, interviews, observations, etc. The ethnic self-consciousness forming was tracked on the data of ethnic self-identification, ethno-integrating and ethno-differentiating features and so called "national character", experience of one's "Self" and actualization of self-attitude, ethnic stereotypes, conformism, mastering of the native language, interest to the history of native nation. There were revealed the ethno-integrating and ethno-differentiating features of Jewish and Ossetian groups: common history, native language, cultural traditions, customs, beliefs, family relations, character traits, behavioral peculiarities, and appearance. It was found that father's and mother's nationality (mostly in the montane Jews), one's wishes, family accepted language, place of residence manifest in the ethnic self-identification. Historic-cultural originality of these nations determines the specificity of their ethnic self-consciousness; the montane Jews keep the psychological originality more than the Ossetians do with their international and assimilative orientation.

Key words: ethnic consciousness, ethnic self-identification, ethno-integrating and ethno-differentiating features, ethnic auto- and heterostereotypes.

СФЕРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ*

© 2001 г. Е. Н. Соколов

Академик РАН, Москва

Интеллектуальные операции рассматриваются в рамках сферической модели когнитивных и исполнительных механизмов. На уровне рецепторов стимулы кодируются комбинациями из возбуждений, образующими векторы возбуждений рецепторов, длина которых зависит от интенсивности стимула. В нейронной сети векторы возбуждений нормируются, в результате чего стимулы отображаются точками на когнитивной карте-гиперсфере в многомерном пространстве. В частности, цветоточечные стимулы проецируются на гиперсферу, представленную в четырехмерном пространстве. Декартовы координаты цветочных точек соответствуют возбуждениям четырех детекторов. Сферические координаты (три угла гиперсферы) представляют субъективные аспекты: цветовой тон, светлоту и насыщенность.

Отдельные цвета кодируются возбуждениями детекторов цвета. Категоризация цветов зависит от семантических единиц, а название цветов рассматривается при участии командных нейронов, генерирующих артикуляционные жесты.

Ключевые слова: векторный код, детектор, семантическая единица, когнитивная карта, командный нейрон.

Интеграция нейронной активности и ее субъективных и поведенческих проявлений реализуется в сферической модели.

Важнейшей задачей психофизиологии является изучение соотношения субъективных и поведенческих явлений с процессами, протекающими в нейронных сетях. С целью подойти к объяснению интеграции нейронной активности, субъективных явлений и актов поведения была предложена модель, представляющая собой гиперсферу в многомерном пространстве. Декартовы координаты модели соответствовали возбуждениям нейронов, участвующих в возникновении субъективных явлений, а сферические координаты (углы гиперсферы) представляли собой субъективные шкалы [3]. Последующие эксперименты в области психофизики, наук о поведении и нейрофизиологии показали, что размерность пространства, в котором представлена гиперсфера, не превосходит четырех измерений. Возбуждения четырех типов нейронов образуют декартовы координаты, а сферические координаты (три угла гиперсферы) представляют субъективные шкалы [2]. Сферическая модель описывает не только когнитивные процессы, но и поведенческие акты. Субъективные явления, представленные на гиперсфере в виде интенций (намерений), реализуются в форме поведенческих актов через активацию командных нейронов, связанных с ансамблями пре-моторных и моторных нейронов. Конкретным примером участия нейронных механизмов в когни-

тивных и исполнительных механизмах сферической модели может служить соотношение восприятия и условного рефлекса. Частным случаем этого соотношения является восприятие цвета и условные рефлексы на цветоточечные стимулы [1, 5]. Проверка следствий, вытекающих из сферической модели, достигается сочетанием психофизических методов с регистрацией вызванных потенциалов мозга человека и нейронной активности в опытах на животных [6].

1. Внешние стимулы кодируются в нейронной сети векторами постоянной длины, компонентами которых являются возбуждения нейронов ансамбля.

Нейроны в нервной системе организованы в форме нейронных ансамблей. Под нейронным ансамблем следует понимать группу нейронов, имеющих общий вход и конвергирующих на общий для них выходной нейрон. При действии внешнего стимула нейроны ансамбля, возбуждаясь одновременно, образуют специфическую для данного стимула комбинацию возбуждений, которую можно представить как вектор возбуждения. Компонентами этого вектора являются возбуждения элементов нейронного ансамбля. Таким образом, сигнал на входе кодируется в нейронной сети вектором возбуждения. Особенностью такого векторного кодирования является то, что при изменении возбуждений элементов нейронного ансамбля сумма всех возбуждений остается постоянной. Это означает, что длина вектора возбуждения, который возникает при дейст-

*Работа поддержана РФФИ (грант № 9906-80061).

вии стимула на нейронный ансамбль, остается постоянной.

2. Переход от рецепторов на входе к нейронному ансамблю характеризуется введением дополнительного нейрона, активного при отсутствии внешней стимуляции.

Нейронные ансамбли характеризуются наличием в них фоновоактивных нейронов, реагирующих на действие стимула ее подавлением. Вместе с тем рецепторы такой фоновой ритмикой не обладают. Сопоставление ансамбля рецепторов с нейронным ансамблем приводит к выводу, что число элементов в нейронном ансамбле больше, чем в ансамбле рецепторов. Это происходит в результате "введения" в нейронный ансамбль фоновоактивного нейрона. Значение такого дополнения заключается в том, что возбуждения всех других элементов ансамбля вычитаются из фоновой активности этого дополнительного нейрона. В результате сумма всех возбуждений в нейронном ансамбле остается при всех воздействиях одинаковой. Это справедливо и для случая отсутствия стимуляции, когда из фоновоактивного нейрона возбуждения других нейронов не вычитаются и суммарное возбуждение ансамбля равно возбуждению фоновоактивного нейрона. Таким образом, вектор возбуждения, представляющий стимулы, остается одинаковым по своей длине.

3. Нормировка вектора возбуждения в нейронной сети происходит в сити-блок метрике с последующим переходом к евклидовой метрике в результате нейрональной адаптации.

Введение дополнительного фоновоактивного нейрона в нейронный ансамбль с вычитанием из его активности возбуждений остальных элементов ансамбля означает постоянство суммы всех возбуждений. Таким образом, длина вектора возбуждения измеряется суммой возбуждений элементов ансамбля. Эта сити-блок метрика отличается от обычной евклидовой, где длина вектора равна корню квадратному из суммы квадратов координат. Но в нейронных сетях возведение в квадрат и извлечение квадратного корня не представлены. Переход от сити-блок метрики, реализуемой в нейронных сетях, к евклидовой мере длины вектора возбуждения происходит в результате нейрональной адаптации, которая заключается в подавлении (депрессии) тех возбуждений, которые имеют экстремальные значения. Такая депрессия приводит к тому, что длина вектора возбуждения соответствует евклидовой мере. Постоянство евклидовой длины вектора возбуждения означает, что при всех изменениях стимула конец вектора возбуждения остается на поверхности сферы. В частном случае, когда вектор возбуждения имеет два компонента, конец вектора остается на окружности.

4. Сферические координаты (углы) соответствуют субъективным шкалам, характеризующим отображаемые стимулы.

В самом общем случае, когда число компонентов вектора возбуждения превосходит трехмерное пространство, принято говорить о многомерном пространстве. Соответственно, сферическую поверхность в таком многомерном пространстве называют гиперсферой. Если возбуждения элементов нейронного ансамбля соответствуют декартовым координатам вектора возбуждения, то сферические координаты (углы гиперсферы) соответствуют субъективным шкалам. В качестве примера рассмотрим цветовое зрение. Здесь возбуждения красно-зеленых, сине-желтых, ярких и темных (фоновоактивных) нейронов являются декартовыми координатами (компонентами) векторов возбуждения, образующих четырехмерное пространство. По длине эти векторы возбуждения равны и поэтому концы их лежат на поверхности гиперсферы в этом четырехмерном пространстве. Если обычная сфера в трехмерном пространстве имеет два угла (широту и долготу), то гиперсфера – три. В цветовом пространстве такими углами являются шкалы цветового тона: светлоты и насыщенности. Такое сферическое представление цветов интегрирует нейронные и субъективные феномены, представляя нейронные механизмы как декартовы координаты, а субъективные явления как сферические шкалы единого цветового пространства.

5. Множество стимулов отображаются на поверхности гиперсферы точками, представленными избирательно настроенными детекторами.

При действии стимула на ансамбль нейронов возникает вектор возбуждения фиксированной длины, конец которого находится в определенной точке гиперсферы. При изменении стимула вектор возбуждения, оставаясь постоянным по своей длине, изменяет свою ориентацию, а конец его, перемещаясь по гиперсфере, занимает на ней новую точку. Таким образом, внешние сигналы создают разные по своей ориентации векторы возбуждения. Каждой такой ориентации вектора возбуждения на гиперсфере соответствует определенная точка, характеризующая ее сферическими координатами (значениями субъективных шкал). Таким образом, все множество стимулов, поступающих на данный нейронный ансамбль, отображается точками на гиперсфере. Каждой точке на гиперсфере соответствует нейрон-детектор, избирательно реагирующий только на определенную, специфическую для него ориентацию вектора возбуждения. Таким образом, каждому вектору возбуждения, вызванному стимулом, соответствует возбуждение нейрона-детектора, представляющему данную точку гиперсферы. Изменение стимула, приводящее к изменению век-

тора возбуждения ансамбля нейронов, перемещает возбуждение с одного детектора на другой.

6. Нейрональное и субъективное различие между стимулами измеряется расстоянием между концами векторов возбуждения, кодирующих эти стимулы.

В соответствии с векторным кодированием стимулов два стимула, вызывающие одинаковые векторы возбуждения, не различаются, даже если они физически различны. Различие определяется тем, в какой мере различаются векторы возбуждения, которые эти стимулы порождают. Подтверждением этого служит сравнение абсолютных величин векторных разностей, полученных из реакций нейрона [4], с субъективными различиями, которое демонстрирует их высокую корреляцию. Об этом же говорит тот факт, что координаты векторов возбуждения, рассчитанные на основании данных о субъективных различиях, совпадают с возбуждениями реальных нейронов, участвующих в кодировании соответствующих стимулов. Эти положения можно конкретно представить на примере цветового зрения. Зная характеристики красно-зеленых, сине-желтых, яркостных и темновых нейронов, можно найти компоненты векторов возбуждения для двух стимулов и рассчитать различие как расстояние между концами этих векторов возбуждения, равное корню квадратному из суммы квадратов разностей координат. Рассчитанные таким образом различия в высокой степени коррелируют с субъективными различиями между цветами, получаемыми в психофизических опытах. Наконец, из данных относительно субъективных цветовых различий можно методом многомерного шкалирования найти компоненты векторов, представляющих эти цвета, и убедиться, что они совпадают с возбуждением реальных цветокодирующих нейронов. Таким образом, реакции цветокодирующих нейронов позволяют найти субъективные различия между цветами, а данные о субъективных цветовых различиях позволяют определить возбуждения нейронов, определяющих цветовое кодирование.

7. Измерение различий между стимулами производится в сити-блок метрике с последующим переходом к евклидовой метрике на основе нейрональной адаптации.

Измерение различий между стимулами на основе их векторов возбуждения производится специализированными фазическими нейронами, которые реагируют при замене одного стимула другим. Реакции фазических нейронов тем больше, чем больше различие соответствующих компонентов этих векторов возбуждения. Другими словами, каждый компонент вектора возбуждения обрабатывается в специализированных фазических нейронах двух типов: реагирующих возбуждени-

ем на увеличение входного сигнала и реагирующих возбуждением на его уменьшение. Полученные абсолютные значения разностей складываются в суммирующем нейроне, который таким образом “вычисляет” различие векторов возбуждения следующих друг за другом стимулов. Это различие, представленное суммой абсолютных значений разностей координат векторов возбуждения, дано в сити-блок метрике. Переход к евклидовой метрике достигается за счет нейрональной адаптации, ограничивающей экстремальные возбуждения. Активация суммирующих нейронов при смене стимулов находит отражение в реальных компонентах вызванного потенциала, амплитуда которого положительно коррелирует с субъективными различиями между соответствующими стимулами. Эти закономерности отчетливо обнаруживаются в цветовом зрении, где амплитуда компонента № 87 зрительной коры человека на смену одного цвета другим положительно коррелирует с субъективными различиями между этими цветами. Вместе с тем цветовые различия, полученные расчетным путем из векторов возбуждения сравнимых цветов, положительно коррелируют как с субъективными цветовыми различиями, так и с амплитудами цветового компонента № 87 вызванного потенциала. Таким образом, субъективные цветовые различия возникают на основе векторов возбуждения, порождаемых цветовыми стимулами, иллюстрируя общий принцип работы механизма различения.

8. В синаптическом контакте пресинаптический сигнал умножается на постсинаптический вес синапса.

Рассмотренные выше операции в нейронных сетях происходят в результате передачи сигналов через синаптические контакты, связывающие нейроны. Синаптический контакт образован пресинаптической структурой, реализующей выброс медиатора, и постсинаптической структурой в виде уплотнения молекул рецепторного белка. Молекулы рецепторного белка могут быть в двух основных состояниях: активном и “спящем”. При действии молекулы медиатора на активный рецепторный белок происходит открытие ионного канала: ионы входят в постсинаптический участок и создают элементарный ток. Молекула рецепторного белка, находящаяся в “спящем” состоянии, при действии молекулы медиатора ионный канал не открывает. Молекулы рецепторного белка непрерывно переходят из “спящего” состояния в активное и обратно. Эти переходы осуществляются случайным образом. Молекулы медиатора достигают молекулы рецепторного белка также случайно. Случайный процесс смены состояний рецепторной молекулы независим от случайного процесса поступлений молекул медиатора. Поэтому вероятность открытия ионного канала (т.е. эффективного действия молекулы медиатора)

равна произведению вероятности пребывания молекулы рецептора в активном состоянии и вероятности поступления молекулы медиатора. Элементарные токи суммируются в постсинаптическом участке нейрона. Таким образом, синапс умножает плотность потока медиатора на эффективную плотность активных молекул рецепторного белка.

9. Совокупность синаптических контактов нейрона образует его вектор синаптических связей.

Для того чтобы передать вектор возбуждения, возникший в ансамбле нейронов, на общий для них нейрон более высокого порядка, нужен соответствующий набор синаптических контактов. Эти синапсы нейрона, на котором происходит конвергенция нейронов ансамбля, образуют его вектор синаптических связей. Компонентами этого вектора являются «веса» – коэффициенты синаптической передачи. Различают пластичные и непластичные синапсы. Пластичные изменяются при прохождении через них сигналов, непластичные сохраняют свои веса при действии на них пресинаптических сигналов. Вектор синаптических связей нейрона как специфическая организация его синаптических весов является характеристикой его индивидуальности, «отпечатком пальца». Специфический вектор синаптических связей делает нейрон избирательно чувствительным по отношению к поступающим векторам возбуждения, определяя избирательную настройку нейрона на определенные категории стимулов. Изменение весов пластичных синапсов позволяет изменять избирательность нейрона под влиянием обучения.

10. Нейрон, суммируя попарные произведения пресинаптических сигналов и постсинаптических весов, «вычисляет» скалярное произведение вектора возбуждения и вектора синаптических связей.

Отдельный синапс производит умножение пресинаптического возбуждения на вес постсинаптического участка, определяемый плотностью активных молекул рецепторного белка. Нейрон суммирует эти произведения так, что его реакция на поступившие пресинаптические воздействия равна сумме их попарных произведений, которая представляет собой скалярное произведение вектора возбуждения и вектора синаптических связей. Введение скалярного произведения в характеристику работы нейронных сетей позволяет количественно представить избирательность реакций нейрона. Скалярное произведение двух векторов равно произведению длин этих векторов на косинус угла между ними. Максимальная по величине реакция наступает тогда, когда угол между вектором возбуждения и вектором синаптических связей равен нулю. Таким образом, нейроны, обладающие разными по составу синаптических весов векторами синаптических связей,

будут избирательно реагировать на те стимулы, которые создают векторы возбуждения, совпадающие по направлению с векторами синаптических связей.

11. Детектор, характеризующийся постоянным по длине вектором синаптических связей, является избирательным фильтром сигналов.

Векторы возбуждения, генерируемые нейронным ансамблем, характеризуются постоянной длиной, так что концы их при всех изменениях стимуляции остаются на гиперсфере. При этом отдельным точкам гиперсферы соответствуют нейроны-детекторы, откликающиеся только на те стимулы, которые генерируют векторы возбуждения, соответствующие этой точке гиперсферы. Такая избирательность детекторов, представленных отдельными точками гиперсферы, вытекает из репрезентации реакции нейрона скалярным произведением его вектора синаптических связей на поступивший вектор возбуждения. Нейроны-детекторы, представленные на гиперсфере, обладают одной и той же длиной вектора синаптических связей. Поэтому, когда от ансамбля нейронов вектор возбуждения поступает параллельно на все детекторы, то максимально возбужден будет только тот детектор, вектор связи которого окажется совпадающим по направлению с поступившим вектором возбуждения. Выделяя своей максимальной реакцией определенный стимул, детектор выполняет функции селективного фильтра. Таким образом, определенный вектор возбуждения трансформируется в локальное возбуждение определенной точки гиперсферы.

12. Положительное научение (выработка условного рефлекса) заключается в «подстройке» весов пластичных синапсов под подкрепляемые пресинаптические возбуждения.

Нейрон-детектор взрослого организма характеризуется непластичными синапсами, поэтому при многократном нанесении стимула его реакция не изменяется. Командный нейрон, с которого начинается реализация поведенческого акта, обладает как пластичными, так и непластичными синапсами. По пластичным синапсам поступают сигналы от потенциальных условных раздражителей. По непластичным – поступает подкрепление. Потенциальный условный раздражитель, генерируя вектор возбуждения постоянной длины, воздействует на командный нейрон через его вектор пластичных синаптических связей. Однако исходно эти веса пластичных синапсов близки к нулю, и скалярное произведение вектора возбуждения на вектор пластичных синаптических связей также оказывается близким к нулю. Условный стимул исходно не эффективен. При сочетании поступившего от условного раздражителя вектора возбуждения с подкреплением веса пластичных синапсов изменяются и приближаются к

пресинаптическим возбуждениям так, что постепенно вектор синаптических связей становится все ближе вектору возбуждения. В результате скалярное произведение векторов возбуждения и пластичных синаптических связей увеличивается и реакция командного нейрона возрастает. Командный нейрон становится избирательно настроенным на условный раздражитель и вызывает условный рефлекс. Иллюстрацией к “подстройке” синаптических контактов под пресинаптические воздействия, представленные компонентами вектора возбуждения, служит выработка инструментальных условных рефлексов на цветовые стимулы при пищевом подкреплении. Использование цветовых стимулов имеет то преимущество, что для них известны векторы возбуждения, полученные на основе прямой регистрации реакций цветокодирующих нейронов. В ходе выработки условного рефлекса на определенный цвет у обезьяны вероятность ответов на него растет, достигая плато на уровне 80–85%. При этом вероятность появления условных реакций на дифференцированные стимулы тем меньше, чем больше вектор возбуждения для данного дифференцированного раздражителя отличается от вектора возбуждения условного стимула. Последовательное использование разных цветов в качестве условного раздражителя позволяет получить данные в виде матрицы смешения, элементами которой служат вероятности условных реакций. Обработка такой матрицы смешения методом факторного анализа обнаруживает четыре ортогональных фактора. При этом факторные нагрузки оказываются прямо пропорциональны величинам реакций четырех типов нейронов наружного колленчатого тела приматов: красно-зеленого, сине-желтого, яркостного и темнового. Такое совпадение факторных нагрузок с возбуждениями цветокодирующих нейронов свидетельствует о том, что в ходе обучения синаптические веса исполнительных нейронов стали равны пресинаптическим возбуждениям.

13. Негативное научение (привыкание и угасание условного рефлекса) заключается в уменьшении весов пластичных синапсов под влиянием пресинаптических воздействий.

Под негативным научением понимают постепенное уменьшение реакции под влиянием повторения стимула, которое не сопровождается положительным подкреплением. Высокая реактивность на такой стимул в начале опыта определяется исходно высокими весами синаптических связей между нейронами, кодирующими стимул, и исполнительным (командным) нейроном. Это может быть результатом предварительного положительного научения или является их специфическим свойством, как, например, для ориентировочной реакции. При повторении стимула порождаемый им вектор возбуждения действует

на пластичные синапсы, снижая вес синапса тем сильнее, чем больше величина пресинаптического воздействия. В результате вектор синаптических связей перестраивается так, что становится противоположным поступающему вектору возбуждения. При этом реакция нейрона равна сумме попарных произведений компонентов вектора возбуждения на веса синаптических связей. Там, где пресинаптическое воздействие равно нулю, вес синапса остается исходно высоким, однако их произведение равно нулю. Там, где пресинаптическое воздействие максимально, синаптический вес подавляется и произведение веса на пресинаптическое воздействие также близко к нулю. Таким образом, негативное научение в результате депрессии синапсов в зависимости от пресинаптических воздействий ведет к исчезновению реакций.

14. Молекулярный механизм трансформации пластичных синапсов заключается в изменении плотности активных молекул рецепторного белка постсинаптической мембраны.

Молекулы рецепторного белка постсинаптической мембраны могут быть в “спящем” или активном состоянии. В активном они реагируют при присоединении молекул медиатора открытием ионного канала. В “спящем” состоянии они лишь “предвозбуждаются” медиатором. При действии подкрепления происходит активация фермента протеинкиназы, которая присоединяет фосфор к “спящей” молекуле предварительно предвозбужденной медиатором, переводя ее в активное состояние. Одновременно те активные молекулы, которые не соединялись с медиатором под влиянием фермента протеинфосфатазы, дефосфорилируются и из активного состояния переходят в “спящее”. Баланс этих разнонаправленных процессов достигается тогда, когда плотность активных молекул равна плотности молекул медиатора. Поскольку плотность активных молекул определяет вес синапса, можно сказать, что баланс достигается при весе синапса, равном пресинаптическому воздействию. При негативном научении подкрепление отсутствует и перехода “спящих” молекул в активное состояние не происходит. В этом случае протеинфосфатаза активируется пресинаптическим воздействием и часть активных молекул переходит в “спящее” состояние. В результате вес синаптического контакта, подвергнутого действию медиатора, убывает.

15. Новые стимулы вызывают дополнительное возбуждение за счет подключения активирующей ретикулярной системы.

Процесс привыкания ориентировочного рефлекса является частным случаем негативного научения, при котором синаптические веса убывают в зависимости от силы пресинаптического воздействия. В результате ориентировочная реакция на повторяющийся стимул исчезает. Зато

новый стимул, вектор возбуждения которого не совпадает с вектором возбуждения привычного стимула, вызывает ориентировочную реакцию тем большую, чем больше их различие. В этом случае часть компонентов нового вектора возбуждения придется на исходно высокие веса синаптических контактов, которые не были депрессированы влиянием пресинаптических воздействий стандартного стимула. Сигнал новизны, возникая в детекторах новизны гиппокампа, следует к активирующей ретикулярной системе, как прожектор “подсвечивающей” тот участок коры мозга, где представлен новый стимул. В результате новый стимул “выступает вперед”, подчеркивается по отношению к привычному фону. По мере повторения стимула ориентировочная реакция угасает, а стимул, становясь привычным, перестает подчеркиваться дополнительным возбуждением.

16. Сферическая модель распространяется на процессы оперативной и долговременной памяти, а также семантическое пространство.

Принцип векторного кодирования с отображением сигналов на поверхность гиперсферы справедлив также для оперативной или рабочей памяти, под которой понимают удержание следа внешнего стимула на протяжении времени, в течение которого этот след используется активно. Наиболее подробно исследована оперативная память в ситуации отставленной реакции. В этом случае субъекту предъявляют образец, который надо удерживать непрерывно в рабочей памяти, затем спустя 10–15 с предъявляется тестовый стимул. Реагировать следует, если тест-стимул совпадает с образцом. Удержание следа в рабочей памяти происходит в стимул-селективных нейронах префронтальной коры, разряжающихся в течение всего времени ожидания тест-стимула.

Сравнивая стимул-селективные нейроны префронтальной коры с детекторами проекционных зон коры, можно обнаружить у них черты сходства и различия. Сходство относится к избирательности реакции, а различие связано с длительностью разряда: у детекторов спайковый разряд прекращается с окончанием действия стимула, у нейронов рабочей памяти разряд длится вплоть до предъявления тест-стимула. Множество нейронов рабочей памяти образует сферическое пространство рабочей памяти. Подтверждением этого положения служит изучение цветовой рабочей памяти: от испытуемого требуется определить субъективное цветовое различие между образцом и тест-стимулом, разделенных минутным интервалом. В этом случае вектор возбуждения тест-стимула сопоставляется с вектором возбуждения, удерживаемым нейронами рабочей памяти. Обработка матрицы таких различий позволяет построить пространство цветовой рабочей памяти, которое совпадает с цветовым перцептивным

пространством. Отсюда можно заключить, что векторный код и сферическое отображение имеет место и в оперативной (рабочей) памяти.

Если увеличить интервал между предъявлением образца и тест-стимула до нескольких дней, то можно подойти к изучению пространства долговременной памяти. Использование цветowych стимулов при оценке различий в режиме долговременной памяти показало, что цветовое пространство долговременной памяти совпадает с цветовым перцептивным пространством. Это означает, что векторный код и сферическая репрезентация реализуются в механизмах долговременной памяти.

Универсальность такого способа кодирования относится к символьному кодированию – второй сигнальной системе по И.П. Павлову. При изучении семантического пространства испытуемому предъявляют словесные обозначения объектов, предлагая оценить их различия по памяти. Универсальность векторного кода применительно к семантическому пространству отчетливо обнаруживается в цветовых названиях. Матрица различий, обозначаемых словами родного языка цветов, обработанная методом многомерного шкалирования, обнаруживает четыре оси, совпадающие с красно-зеленой, сине-желтой, яркостной и темновой осями перцептивного цветового пространства. Четырехмерное семантическое цветовое пространство имеет сферическую структуру. На поверхности гиперсферы названия цветов локализируются в непосредственной близости от цветowych перцептов. Совпадение перцептивного цветового пространства с его семантическим эквивалентом означает, что семантические структуры также представлены векторами, которыми являются возбуждения нейронов, представляющих цвета в долговременной памяти. Действительно, при предъявлении цветowych названий единственным возможным способом оценить различия обозначаемых цветов является активация элементов долговременной памяти. При объяснении формирования цветовой семантики следует обращаться к условным рефлексам на цветowych стимулы. Используя комбинации букв в качестве “псевдослов”, можно ассоциировать их с реальными цветами. Затем, предъявляя эти “псевдоназвания” цветов, построить их семантическое пространство аналогично тому, как это делается для истинных цветowych названий.

В ходе обучения семантическое пространство “псевдоназваний” приближается к сферическому семантическому пространству истинных цветowych названий.

Сферическая модель семантических структур указывает на общие механизмы кодирования на перцептивном и семантическом уровнях. Если сферическое перцептивное пространство представлено нейронными детекторами, избиратель-

но активируемыми входными сигналами в результате генерации векторов возбуждения, то семантическое пространство образовано семантическими нейронами, которые также могут возбуждаться внешними стимулами, что составляет основу категоризации. Однако семантические нейроны открывают возможность и другой операции: поиск символически введенного объекта. В этом случае семантический нейрон активирует соответствующие элементы долговременной памяти, которые, активно удерживаясь в рабочей памяти, сканируют окружающее пространство до момента близкого совпадения следа и перцепта.

Такое сканирование может происходить “виртуально” в самом пространстве долговременной памяти. Такова, видимо, операция установления аналогии, которая вводит в состав семантической единицы новый элемент долговременной памяти. Происходит обучение на основе внутреннего содержания долговременной памяти. Установление аналогии является наиболее характерной чертой интеллекта. Эффективность этой операции зависит, с одной стороны, от богатства содержания долговременной памяти, с другой – от уже достигнутой семантической организации. Отыскание аналогии можно представить как нахождение решения задачи. Схематически на гиперсфере, представляющей долговременную память, этот процесс можно представить как ряд проб и ошибок, аналогичный обучению в реальной среде. Эффективность поиска связана с “отсечением” (торможением) части версий и скоростного сканирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным предсказанием, вытекающим из сферической модели, является представление о том, что внешние стимулы кодируются векторами возбуждения, длина которых остается постоянной. Внутриклеточная регистрация реакции цветокодирующих биполярных клеток сетчатки подтвердила это положение. Оказалось также, что субъективные цветовые различия определяются разностью цветовых векторов возбуждения.

В свою очередь, выработка условных рефлексов на цветовые стимулы показала, что процесс обучения связан с такой трансформацией весов синаптических связей, в результате которой вектор синаптических связей становится равен вектору возбуждения условного стимула. Поэтому на основе данных по выработке условных рефлексов на цветовые стимулы удалось установить кодирующие их векторы возбуждения, компоненты которых совпали с возбуждениями цветокодирующих нейронов. Таким образом, восприятие цвета и условный рефлекс на цветовые стимулы оказались интегрированными на основе принципа векторного кодирования.

Сферическая модель отражает следующий факт: нейронные ансамбли при действии стимула генерируют такие комбинации возбуждений (векторы возбуждений), которые равны по своей длине. Такой векторный код определяет структуру цветового перцептивного пространства и выработку условных рефлексов, которая состоит в том, что веса синаптических связей нейронов, управляющих поведением, становятся равны компонентам вектора возбуждения условного раздражителя.

Принцип векторного кодирования распространяется на рабочую и долговременную память. События в памяти также упорядочены в соответствии со структурой перцептивного пространства.

Семантическое пространство, надстраиваемое над пространством долговременной памяти, также имеет сферическую структуру. Символьное обозначение позволяет осуществить операцию поиска цели в окружающем пространстве по ее символьному указанию. Обнаружение цели определяется близким совпадением активированного содержания памяти с восприятием. Эту операцию поиска реальной цели можно перенести на поиск “виртуальной” цели. В этом случае речь идет о поиске аналогии внутри самой системы долговременной памяти. В этом случае близкое совпадение исходного содержания памяти с другим ее участником, протекая по принципу поиска цели, означает установление аналогии. Нахождение аналогии пополняет содержание исходной семантической единицы и формально совпадает с результатом обучения. Такое обучение за счет семантической реструктуризации исходного содержания долговременной памяти является основной характеристикой интеллекта.

Сферическая модель когнитивных процессов открывает перспективу создания антропоморфного искусственного интеллекта, построенного из нейроноподобных элементов в соответствии со структурой связей реальной нейронной сети. Примером этого может служить компьютерная модель цветового зрения, которая осуществляет отображение подаваемых на ее вход излучений на поверхность гиперсферы в соответствии с тем, как это имеет место в цветовом зрении человека. Модель имитирует одновременный и последовательный цветовые контрасты. Формальные семантические единицы на выходе модели реализуют отнесение каждого цвета к определенной категории и генерируют название цвета в соответствии с тем, как это делает человек.

Универсальность модели заключается в том, что она воспроизводит реакции цветокодирующих нейронов животных-трихроматов и динамику выработки у них условных рефлексов на цветовые стимулы. Наличие слоя аналогов цветоселективных детекторов и резервных пластичных

нейронов позволяет расширять набор образцов, хранящихся в долговременной памяти и формировать новые семантические единицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латанов А.В., Полянский В.Б., Соколов Е.Н. Четырехмерное сферическое цветовое пространство обезьян // ЖВНД. 1991. Вып. 4. С. 636–646.
2. Соколов Е.Н., Вайтнявичюс Г.Г. Нейроинтеллект. М.: Наука, 1989.
3. Фомин С.В., Соколов Е.Н., Вайтнявичюс Г.Г. Искусственные органы чувств. М.: Наука, 1979.
4. Черноризов А.М. Нейронные механизмы цветового зрения: Дис. ... доктора наук. Москва: МГУ. 1999.
5. Izmailov Ch.A., Sokolov E.N. Spherical model of color and brightness discrimination // Psychological Science. 1991. V. 2. № 4. P. 249–259.
6. Sokolov E.N. Model of cognitive processes / Eds. M. Saborin, F. Craik, M. Robert // Advances in psychological Science. Biological and cognitive aspects. Hove, Psychological press, 1998. V. 2. P. 355–379.

SPHERICAL MODEL OF INTELLECTUAL OPERATIONS

E. N. Sokolov

Academician of RAS, Moscow

Intellectual operations are regarded in the framework of a spherical model of cognitive and executive processes. At the receptor level stimuli are encoded by combinations of their excitations constituting receptor excitation vectors with a length dependent on stimulus intensity.

In neuronal networks excitation vectors are normalized so that stimuli are represented on a hypersphere in a multidimensional space, constituting a cognitive map. Thus, color stimuli are projected on a hypersphere in the fourdimensional space. Cartesian coordinates of color points correspond with excitations of four color predators. The spherical coordinates characterize subjective attributes of colors: hue, lightness and saturation. Particular colors are encoded by excitations of color detectors. Categorization of colors depends on semantic units and color naming is realized by command neurons triggering articulating gestures.

Key words: vector code, predetector, detector, semantic unit, cognitive map, command neuron.

О РОЛИ И ВИДАХ ОБРАЗОВ В ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

© 2001 г. М. С. Шехтер*, А. Я. Потапова**

Доктор психол. наук, главный науч. сотр. ПИ РАО, Москва
Канд. психол. наук, ведущий науч. сотр., там же

Обосновывается тезис, что понятия (в их традиционном смысле) формируются в обучении двумя путями: либо “от конкретного к абстрактному”, либо “от абстрактного к конкретному”. В обоих случаях восприятие объектов является необходимым (хотя и недостаточным) опорным материалом. Развивается выдвинутая в предыдущих работах авторов гипотеза о том, что в результате обучения возникают образы-эталоны особого рода – целостные, используемые в опознавательных процессах как неразлагаемые, неделимые на компоненты единицы. Они обеспечивают субъективную “одномоментность” процесса. В отличие от “гештальтов” это образы постаналитические, что дает им определенные преимущества.

Рассматриваются три стадии развития восприятия. Первая – восприятие объекта как нерасчлененного целого. Вторая – выделение его элементов. Третья – интеграция перцептивно отраженных элементов в одну неразлагаемую единицу, причем более совершенную, чем исходный целостный образ. Делается вывод, что восприятие развивается спиралеобразно: на третьей стадии снова формируется неделимое целое, но более высокого уровня, чем первоначальное целое.

Среди эталонных образов предлагается различать эталоны-абстракты и эталоны-прототипы. В последнем случае можно говорить о “мягких” эталонах, требующих не тождества эталона и воспринимаемого объекта, а лишь определенной степени их близости.

Ключевые слова: восприятие, абстрактное, конкретное, эталон, целостный образ, прототип.

К образам мы относим, во-первых, образы, возникающие при *восприятии* объектов, во-вторых, *представления*, причем и те и другие играют свою роль как на осознаваемом, так и на неосознаваемом уровне познавательного процесса. Например, представления, участвующие как эталоны в процессах сличения с получаемым перцептивным материалом (при опознавательном процессе), могут самим субъектом не осознаваться.

1. ОБРАЗЫ И ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЙ

Роль образов в познавательных процессах – это очень широкая тема, которую в рамках одной статьи осветить невозможно. Мы рассмотрим только некоторые ее аспекты, преимущественно значимые для общей и педагогической психологии. В первом разделе статьи остановимся на той роли, которую играют перцептивные образы при формировании *понятия* о данном классе объектов. Они являются в этом процессе необходимым (хотя и недостаточным) опорным материалом, на основе которого такое понятие формируется.

Чтобы конкретизировать это положение, необходимо прежде всего уточнить значение термина “понятие”, поскольку разные авторы вкладывают

в него свой смысл. Как и большинство исследователей, под этим термином мы будем понимать абстракцию (или абстрактное знание), отражающую сущность некоторого объекта (класса объектов)¹. При этом “абстракция” понимается как вычлененное субъектом, отраженное в его психике общее свойство группы объектов или комплекс таких свойств. В принципе общее свойство может быть и несущественным, но в понятийной абстракции представлены только существенные общие свойства группы объектов. Важно отметить, что вслед за С.Л. Рубинштейном [12, 13] и А.В. Брушлинским [1, 2] мы будем считать “абстракцию” и “абстрактное” категорией гносеологической, а не онтологической. (Между тем некоторыми авторами – см. ниже – “абстракция” понимается как явление онтологическое.)

Существует и другой подход, наиболее полно представленный в работах В.В. Давыдова, имеющих свои корни в диалектической логике (Г. Гегель, К. Маркс, их последователь в современной философии Э. Ильенков). В рамках этого подхода “абстракцией” (точнее, “исходной абстракцией”) называют исходное, исторически простое основа-

¹ “Объект” понимается здесь очень широко – он может быть и предметом и процессом.