

# Глава 1

## Концептуальные модели в нейрофизиологии

### 1.1 Типы обучения и подсистемы мозга

Основная задача реинжиниринга мозга - построить глобальную непротиворечивую модель мозга, основываясь на имеющихся в литературе данных и теориях [13]. Основными подсистемами мозга, осуществляющими обучение и контроль поведения, по имеющимся представлениям являются кора головного мозга (в частности, новая кора(неокортекс) и старая кора (аллокортекс), включающая гиппокамп), тесно связанная с таламусом, базальные ганглии и мозжечок. Каждая из этих подсистем мозга, предположительно, реализует свой тип обучения: обучение без учителя (таламо-кортикальная система), обучение с подкреплением (базальные ганглии) и обучение с учителем (мозжечок) [2] (рис. 1.1).

Перечисленный выше подсистемы мозга принимают совместное участие в различных контурах, управляющих нашим поведением [13] (рис. 1.2 и 1.3). Таламо-кортикальная система выявляет временные и пространственные паттерны в поступающих через органы чувств сигналах внешней среды. Моторная часть коры совместно с базальными ганглиями и таламусом вырабатывает ответную реакцию организма, соответствующую предыдущему опыту действия и текущей ситуации. Наконец, мозжечок выполняет многократно повторенные ранее действия, автоматизированные и практически не встречающие препятствий в своей реализации.

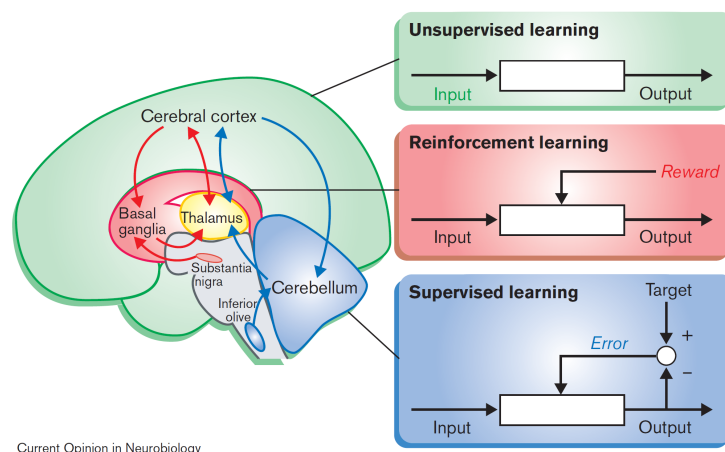


Рис. 1.1: Различные типа обучения, реализуемые мозжечком, базальными ганглиями и корой головного мозга (взято из [2])

Кора головного мозга делится на преобладающую у человека новую кору (неокортекс), состоящий из 5 слоев нервных клеток, и филогенетически более раннюю старую кору (палеокортекс и архикортекс), состоящую из 3–5 слоев. Все участки коры имеют тесные связи с таламусом [4] (рис. 1.4), что и объясняет их объединение в таламо-кортикальную систему. Пирамидальные клетки и их дендриты из второго и третьего слоя (L2/3) принимают сигналы от других участков коры (кортико-кортикальные связи). Нейроны четвертого слоя (L4) интегрируют информацию, получаемую от таламуса и других подкорковых структур, с информацией от разных участков коры. Пятый слой (L5) собирает полученную информацию и передает ее в подкорковые структуры (базальные ганглии) и через шестой слой - в таламус и другие участки коры. При этом нейроны L5 служат кодирующим слоем рекуррентной сети, текущее состояние которой поступает из слоя L2/3 и в слое L4 дополняется сжатым предыдущим состоянием (предисторией) от таламуса, который в свою очередь получил его с некоторой временной задержкой из выходных слоев L5 и L6.

В целом кора кодирует наблюдаемую ситуацию как устойчивое сочетание значений признаков с предсказанием того, что должно последовать за этой ситуацией. Значения признаков являются результатом возбуждения некоторой колонки (диаметр 300-500 мкм, количество нейронов

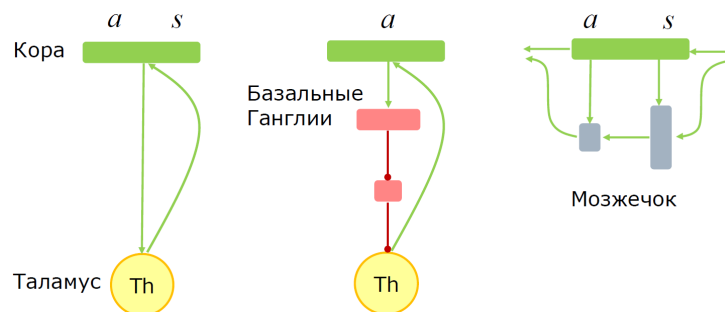


Рис. 1.2: Управляющие контуры в головном мозге,  $a, s$  - участки коры, ответственны за распознавание ситуации и выработку моторного действия, соответственно (взято из [13])

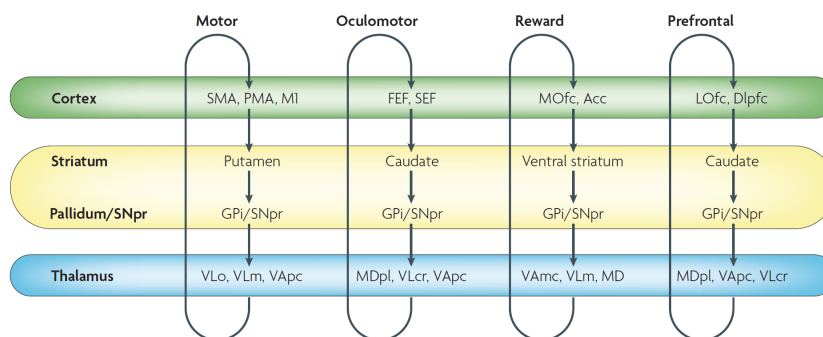


Рис. 1.3: Параллельные управляющие циклы, проходящие через кору, базальные ганглии и таламус (взято из [10])

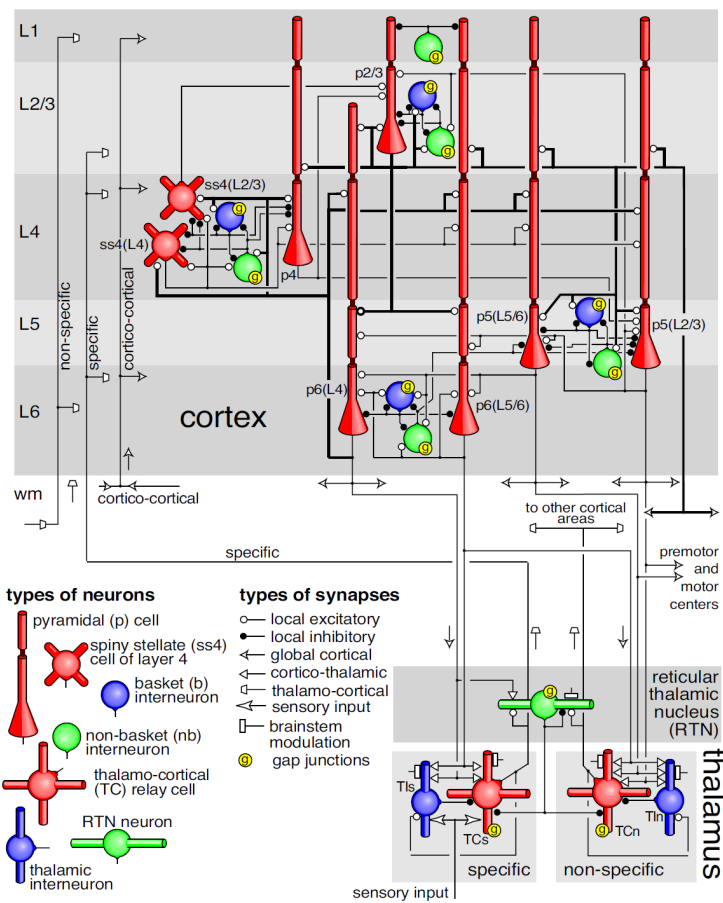


Рис. 1.4: Диаграмма нейронных цепей продольной структуры коры и таламических ядер (взято из [4])

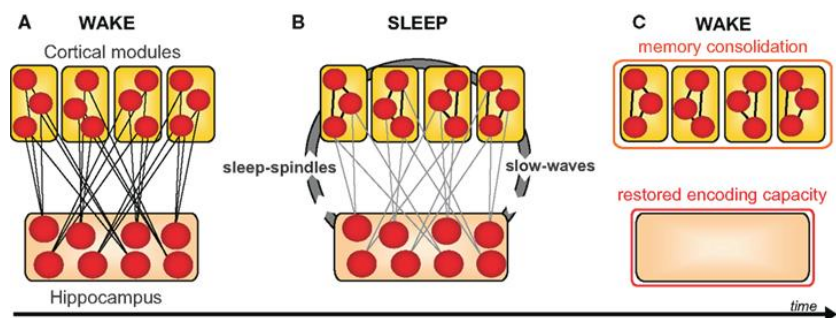


Рис. 1.5: Консолидация эпизодической памяти в кору головного мозга из гиппокампа (взято из [8])

$10^4$ ) в рамках группы локально конкурирующих колонок (гиперколонки - диаметром 2-3 мм). Всего в коре получается около  $10^5$  гиперколонок, т.е. кодируется до миллиона различных признаков. В отличие от новой коры, участки старой коры, в частности гиппокамп, могут кодировать только ассоциативные связи, а не типовые паттерны, подобно разреженной сети Хопфилда. Так как у человека входами гиппокампа являются выходы коры, то гиппокамп хранит в себе эпизодическую категориальную память, ограниченной емкости, которая затем в результате проигрывания во время сна, консолидируется корой (рис. 1.5).

Все участки коры образуют две тесно связанные друг с другом параллельные иерархии - сенсорную и моторную, в которых активация распространяется в противоположных направлениях. Предполагается, что вершиной сенсорной иерархии является гиппокамп, а корнем моторной - поясная извилина коры. В свою очередь гиппокамп и поясная извилина входят в состав лимбической подсистемы мозга, которая как раз и ответственная за выработку поведения с учетом эмоционально-потребностной сферы.

Моторная иерархия головного мозга, ассоциативно порождая возможные варианты действия, не обладает механизмом их отбора. Этот механизм реализован в базальных ганглиях (ядрах). Внешняя часть этой подсистемы мозга (полосатое тело или стриатум) получает информацию от V слоя клеток различных отделов коры, в первую очередь из моторной и лобной (см. 1.6 и 1.3). Часть сигналов кодирует оцениваемое действие, другая часть - текущую ситуацию. После полосатого тела сигнал поступает через бледный шар (паллидум) и черную субстанцию попадает в

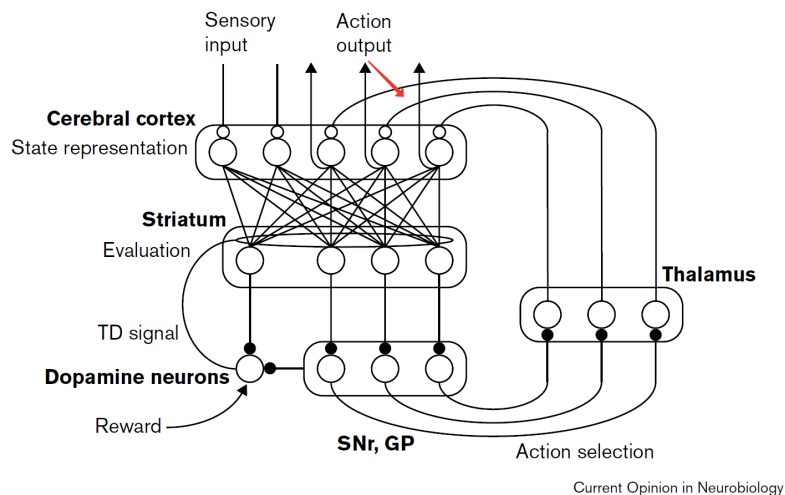


Рис. 1.6: Цикл, образуемый корой и базальными ганглиями и реализующий обучение с подкреплением (взято из [2])

таламус, который в свою очередь замыкает контур управления, отправляя сигнал обратно в те же отделы коры. Базальные ганглии производят отбор лучших (с точки зрения ожидаемой пользы) действий, предлагаемых корой, а управляющий контур через таламус оказывается для них открыт [3]. Обучение базальных ганглиев опирается на допаминовую систему черной субстанции и подкрепляющие сигналы от амигдалы (оценка приобретенного поведения) и гипоталамуса (оценка врожденного поведения). Базальные ядра через таламус могут растормаживать только небольшое количество участков коры, что означает что управление ими является высокоуровневым - конкретная реализация действия определяется иерархией моторной коры.

Базальные ядра оценивают действия на различных уровнях сенсорно-моторной параллельной иерархии (см. 1.7). Таким образом, две иерархии: восходящая (распознавание ситуации) и нисходящая (выработка поведения) - взаимодействуют за счет подкорковой подсистемы базальных ядер, действующей на различных временных и пространственных масштабах.

Наконец, третья подсистема мозга, представленная на рис. 1.1 - мозжечок, задача которого заключается в том, чтобы, обучаясь на выработанных корой и базальными ядрами ответах на стимулы, быстро реали-

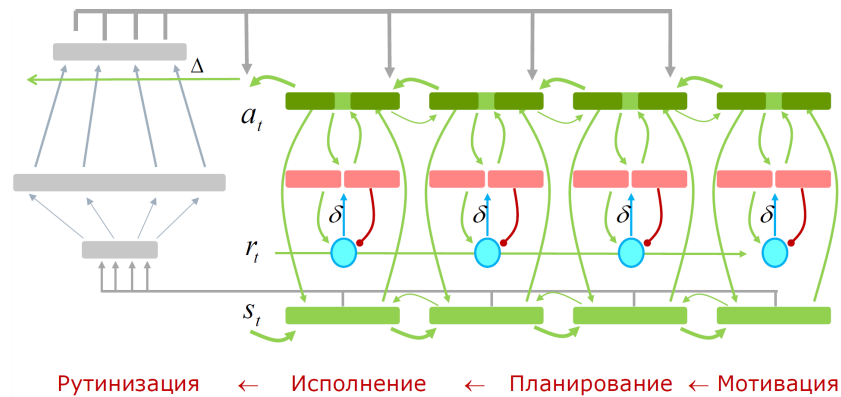


Рис. 1.7: Управляющие контуры в головном мозге (обучение с учителем - мозжечок (серые участки схемы), обучение с подкреплением - базальные ганглии (средние участки схемы), обучение без учителя - кора (зеленые участки схемы)) (взято из [13])

зовывать простые решения без обратных связей и длительного поиска альтернативных путей [6]. Входными сигналами для мозжечка служат те же сигналы, что и для базальных ядер: проекции сенсорных и ассоциативных отделов коры (представление ситуаций) и, в качестве выбранного варианта действия - проекции моторных отделов. Выходы мозжечка дополняют выходы моторных отделов коры и призваны разгрузить базально-кортикальную систему (см. рис. 1.8). Мозжечок похож на обычный перцептрон, где входной сигнал поступает на большое количество гранулярных клеток ( $6 \cdot 10^{10}$ ), а выход формируется большими клетками Пуркинье ( $10^7$ ) с развитой дендритной системой ( $10^5$  синапсов). Клетки Пуркинье получают сигнал от лазающего волокна, дублирующего решения коры для обучения синапсов (см. рис. 1.7).

Некоторые общие схемы нервных цепочек изображены на рис. 1.9 и 1.10.

Описанная выше схема реализовывала так называемой быстрое поведение (по Канеману [5]). Более сложное (логическое) поведение в незнакомой ситуации вырабатывается в латеральной лобной области коры [7] за счет высокой связности и синхронности работы этих отделов коры [1]. Здесь происходит символическое абстрагирование от внешнего мира, что позволяет оперировать более сложными понятиями и цепочками действий не прорабатывая их в деталях. Такие, имеющие потенциальную

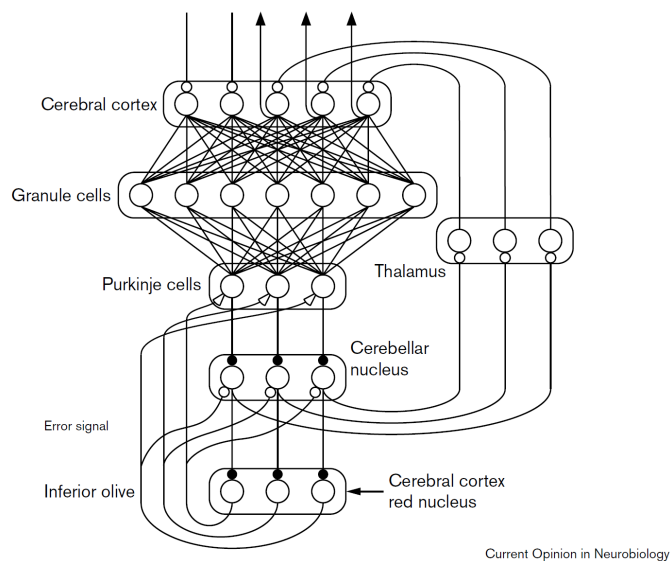


Рис. 1.8: Цикл, образуемый корой и мозжечком и реализующий обучение с учителем (взято из [2])

реализацию в моторной и сенсорной иерархиях, структуры, знаки, позволяют нам мыслить без привязки к внешним сигналам в некоторой виртуальной реальности. Таким образом, знаки (или, в другой терминологии, коги [11]) выступают вершиной некоторого сенсомоторного «айсберга».



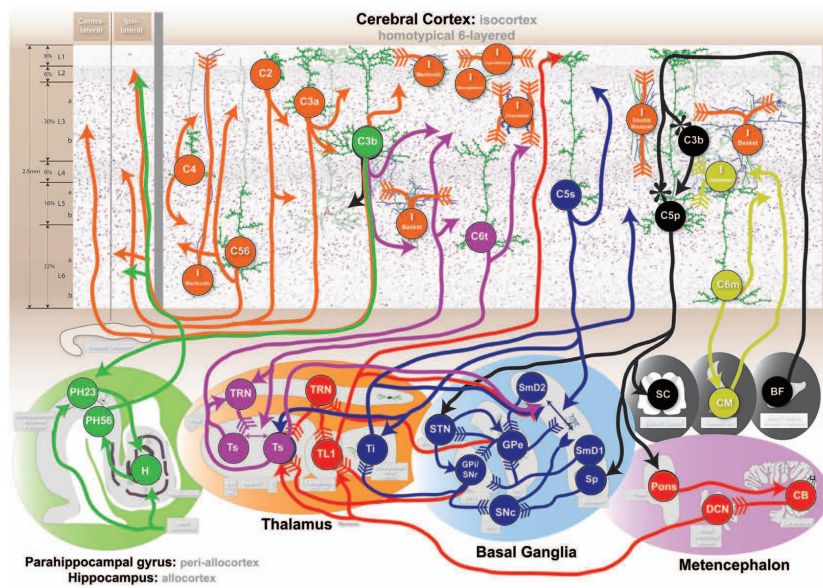


Рис. 1.9: Когнитивные цепи (взято из [9]). Оранжевые стрелки - консолидация декларативной долговременной памяти, синие - выбор действий и поведенческая память, черные - реализация поведенческой памяти, красные - когнитивный контроль, желтые - регуляция потока информации в коре.

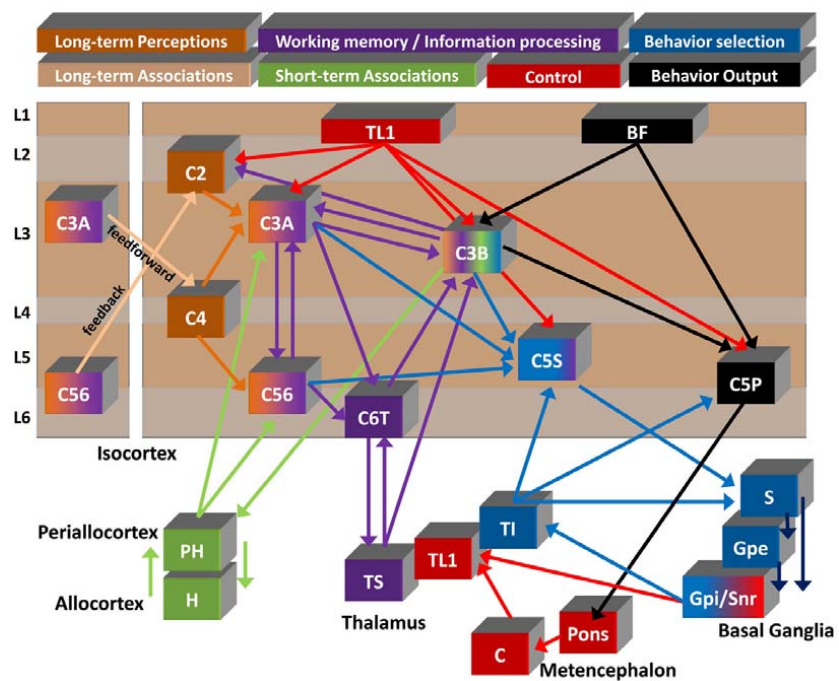


Рис. 1.10: Когнитивные цепи (взято из [9])

## Список литературы

1. *Baars B. J., Franklin S., Ramsoy T. Z.* Global workspace dynamics: Cortical "binding and propagation" enables conscious contents // *Frontiers in Psychology*. — 2013. — Vol. 4, MAY. — Pp. 1–22.
2. *Doya K.* Complementary roles of basal ganglia and cerebellum in learning and motor control // *Current Opinion in Neurobiology*. — 2000. — Vol. 10. — Pp. 732–739.
3. *Gurney K., Prescott T. J., Redgrave P.* A computational model of action selection in the basal ganglia. I. A new functional anatomy // *Biological cybernetics*. — 2001. — Vol. 84, no. 6. — Pp. 401–410.
4. *Izhikevich E. M., Edelman G. M.* Large-scale model of mammalian thalamocortical systems // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 2008. — Vol. 105, no. 9. — Pp. 3593–8.
5. *Kahneman D.* Thinking Fast and Slow. — New York : Penguin, 2011. — P. 443.
6. *Kawato M.* Cerebellum: Models // *Encyclopedia of Neuroscience*. Vol. 2. — 2009. — Pp. 757–767.
7. Multi-task connectivity reveals flexible hubs for adaptive task control / M. W. Cole [et al.] // *Nature Neuroscience*. — 2013. — Vol. 16, no. 9. — Pp. 1348–1355.
8. *Saletin J. M., Walker M. P.* Nocturnal Mnemonics: Sleep and Hippocampal Memory Processing // *Frontiers in Neurology*. — 2012. — Vol. 3. — Pp. 1–12.
9. *Solari S. V. H., Stoner R.* Cognitive consilience: Primate non-primary neuroanatomical circuits underlying cognition // *Frontiers in Neuroanatomy*. — 2011. — Vol. 5. — Pp. 1–23.

10. Translational principles of deep brain stimulation. / M. L. Kringelbach [et al.] // Nature reviews. Neuroscience. — 2007. — Vol. 8, no. 8. — Pp. 623–635.
11. *Анохин К. В.* Коннектом и когнитом: заполнение разрыва между мозгом и разумом // Седьмая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов. Светлогорск, 20-24 июня 2016 г. / под ред. Ю. Александрова, К. Анохина. — М. : Изд-во "Институт психологии РАН", 2016. — С. 18–19.
13. *Шумский С. А.* Реинжениринг архитектуры мозга: роль и взаимодействие основных подсистем. — 2015.

## Глава 2

# Модели картины мира

### 2.1 Психосемантическая парадигма

Образ, картина мира оказывается производной от ценностно-мотивационной сферы (единичного или коллективного) субъекта познания, степени развития и характера инструментальных средств познания, от модельного языка, в котором создаются образы познаваемого [12]. Идея опосредующей роли языка в познании восходит к В. Гумбольдту, полагавшему, что «различные языки — не разные обозначения одного и того же предмета, а разные видения его», к идеям Э. Сепира - Б. Уорфа, сформулировавшим гипотезу «лингвистической относительности», полагающую определяющую роль того или иного национального языка в особенностях мышления людей различных культур и в содержании их картины мира. Келли рассматривает построение картины мира обычным человеком по аналогии с ученым, создающим гипотезы о мире, проверяющим их адекватность и корректирующим их. Картина мира выступает не слепком с действительности, а одной из удобных форм ее описания. «Это карта, а не территория», — пишут основатели Нейролингвистического программирования (НЛП) Р. Бэндлер и Д. Гриндер (1995).

Роль языка в формировании картины мира особенно высока в теории лингвистической относительности Сэпира-Уорфа: «мы видим, слышим и воспринимаем действительность так, а не иначе в значительной мере потому, что языковые нормы нашего общества предрасполагают к определенному выбору интерпретации».

Человек призван к сотворчеству в творении мира. Потребление без

духовной работы, без решения собственных выстраданных проблем и вопросов выступает формой «духовного онанизма», когда, получая примитивные «удовольствия», человек дезертирует от главного предназначения — созидания и развития своего духа, своего сознания, а через них и осуществления своего вклада в «интегральное сознание» (Сидерский А. Третье открытие силы. Изд. Ника-центр, 2005.).

«Большинство наших знаний о мире не были получены в нашем непосредственном личном опыте (и эмпирически не верифицируемы), а усвоены нами в школе, в общении с себе подобными, взяты из книг и художественных фильмов, из поучений родителей и средств массовой коммуникации. Не подвергаемый эмпирической проверке единичный факт тем не менее оценивается с точки зрения его правдоподобия в нашей целостной картине мира. И если вы наблюдаете вдруг появление нечто из ничего («чертика из табакерки»), то вы скорее поставите под сомнение ясность своего сознания, чем на основе эмпирического опыта подвергнете сомнению закон «сохранения вещества»».

«В психологии XX века под влиянием психоанализа стали выделять область сознания и бессознательного. В философии же сохранилась более широкая трактовка понятия сознания, и когда говорят о содержании сознания, то включают туда и сознательные, и бессознательные компоненты. Понятие сознания в философской традиции оказалось близким к понятию «картина мира», пришедшему из культурологии (О. Шпенглер, А.Я. Гуревич) и ставшему широко употребляемым в психологии. Понятие «картина мира» удобно для описания менталитета человека и общества тем, что содержит целостную структуру знания человека о мире, включающую как осознаваемые (понятийно выраженные), так и неосознаваемые и плохо осознаваемые (установки, стереотипы, психические состояния, верования и т. п.) компоненты»

## Список литературы

12. *Петренко В. Ф.* Многомерное сознание: психосемантическая парадигма. — М. : Новый хронограф, 2009. — С. 440.