

И. А. Горбунов, Л. О. Ткачева

СВЯЗЬ СЕМАНТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЗНАНИЯ С ИЗМЕНЕНИЯМИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МОЗГА

К настоящему времени в психологии разработано достаточно большое количество методов оценки семантического пространства индивидуума (Е. Ю. Артемьева, А. И. Нафтальев, В. Ф. Петренко, А. Г. Шмелев). Однако основное направление в использовании психосемантических методов — это оценка тех или иных объектов или различных психологических качеств себя и окружающих. Эти методы направлены на изучение репрезентированной в нашем сознании картины окружающего мира с точки зрения метрических оценок расстояний между ними. О том, что данные методы так или иначе адресованы к нашему сознанию, говорит множество отечественных и зарубежных публикаций, которые соотносят психосемантическое пространство с понятиями «сознание» или «содержание сознания». Однако психосемантические методы используются для оценки объектов, хотя, по сути, все они предназначены для оценки количественных характеристик упорядоченности сознания.

В нашем исследовании предлагается использовать психосемантические методы именно для оценки количественных характеристик сознания. Данный аспект затрагивается во многих работах [2, 5, 9], однако взаимосвязи между количественными характеристиками упорядоченности сознания и функциональным состоянием головного мозга и его информационной сложностью предлагается изучить впервые.

Практическая значимость предлагаемой методики оценки упорядоченности сознания заключается в открывающихся возможностях соотнесения эмпирических характеристик сознания с изменениями функционального состояния коры головного мозга, отраженными в ЭЭГ. Наличие таких взаимосвязей позволяет предположить, что в дальнейшем можно будет оценивать состояние сознания с помощью аппаратных психофизиологических методов исследования.

Психофизиологические механизмы сознания являются на данный момент актуальной научной темой в связи с последними достижениями в рамках когнитивной психологии и психосемантики. Современные многомерные математические методы, изучающие состояние сознания с помощью оценки структурированности семантического пространства, а также современные нелинейные методы оценки ЭЭГ, могут позволить найти соотношение между уровнем упорядоченности сознания и сложностью и нелинейностью ЭЭГ, так как в рамках системной психофизиологии оба эти уровня отражают общий информационный уровень функционирования организма человека.

Гипотеза: существует взаимосвязь между степенью структурированности состояния сознания, отраженной в характеристиках психосемантического пространства, и функциональным состоянием головного мозга человека.

Цель — выявить и описать статистически достоверные взаимосвязи между различными параметрами упорядоченности состояния сознания и функциональным состоянием мозга человека, отражаемым в спектральных характеристиках ЭЭГ.

Описание методики исследования степени упорядоченности сознания с помощью психосемантических методов

Методика в своей основе опирается на ассоциативный эксперимент. Испытуемому дается инструкция воспроизвести семь свободных ассоциаций (слов). Затем он оценивает субъективное расстояние между всеми парами воспроизведенных слов. Готовых критериев для оценки степени близости ассоциаций не задается — испытуемому предоставляется свобода в выборе собственных внутренних критериев оценки. На основе оценок испытуемого формируется матрица чисел 7×7 , столбцы и строки которой соответствуют словам-ассоциациям. Каждое число матрицы отражает степень субъективной близости между воспроизведенными ассоциациями по десятибалльной шкале, так что значение 1 представляет собой максимальную близость ассоциаций, а 10 — максимальную отдаленность.

Матрица расстояний служит исходными данными для проведения математической процедуры многомерного шкалирования. Данная процедура позволяет преобразовать матрицу расстояний между понятиями в матрицу координат каждого слова-ассоциации в n -мерном пространстве. Целью данной процедуры является реконструкция психологического пространства и координатное расположение в нем слов-ассоциаций таким образом, чтобы расстояния между ними наилучшим образом соответствовали исходным субъективным различиям [11]. Качество процедуры многомерного шкалирования зависит от точности воспроизведения измеренных в эксперименте расстояний по координатам в полученном пространстве. Мера отклонения итоговой конфигурации от исходных оценок («стресс») вычисляется как квадрат ошибки между реальными расстояниями, зафиксированными в эксперименте и воспроизведенными после процедуры многомерного шкалирования. Данная процедура проводится отдельно для каждого пространства в соответствии с возрастанием количества мер (для одной меры, для двух мер и т. д.). В результате проведения методики оценивается количество мер (n), в которые максимально непротиворечиво (то есть, с близким к нулю «стрессом») вписывается данная матрица расстояний и величина «стресса» или оценка качества описания в трехмерном пространстве ($n = 3$), поскольку трехмерное пространство является наиболее типичным используемым пространством в психосемантических исследованиях [8].

Количество осей, которые максимально непротиворечиво описывают данную матрицу, интерпретируется как мера сложности семантического пространства или мера сложности сознания испытуемого в текущем психическом состоянии. Однако не всегда количество полученных мер семантического пространства, имеющего близкий к нулю «стресс», отражает действительную его сложность. Часто несколько последних осей могут являться отражением неупорядоченности объектов в семантическом пространстве под воздействием различных причин, например, выраженной доминанты. Мера «стресса» интерпретируется как мера искаженности семантического пространства или деформация пространственных характеристик, которая обратно пропорциональна степени упорядоченности содержания сознания.

Для регистрации физиологических параметров, отраженных в динамике изменений электрической активности мозга, использовалась электроэнцефалография. ЭЭГ регистрировалась по принятой международной системе 10–20 с 16-ю активными отведениями (кроме Fz, Cz, Pz) на электроэнцефалографическом комплексе «Телепат–104Р».

В исследовании приняли участие 30 человек (15 мужчин и 15 женщин). В возрасте от 21 до 26 лет — 13 человек, в возрасте 27–32 лет — 7 человек, в возрасте 33–38 лет — 5 человек, в возрасте 39–45 лет — 3 человека, в возрасте от 46 лет до 51 года — 2 человека.

Результаты исследования

После регистрации физиологические данные были обработаны с помощью традиционных алгоритмов анализа ЭЭГ (вычисление спектральных плотностей в диапазонах основных ритмов).

Взаимосвязи между различными параметрами упорядоченности содержания сознания и параметрами функционального состояния головного мозга оценивались с помощью корреляционного анализа.

На рис. 1 треугольниками отображены значимые корреляции между мощностью ЭЭГ в различных отведениях на поверхности головы и ошибкой восстановления расстояний между понятиями после многомерного шкалирования — «стрессом». Видно, что снижение мощности в диапазонах Δ , Θ , β_1 , β_2 в задних отделах мозга с акцентом в высокочастотную область и в правое полушарие сопутствует увеличению меры «стресса». Таким образом, чем с большей ошибкой воспроизводятся все расстояния между понятиями в трехмерном пространстве, что характеризует неупорядоченность семантического пространства, тем ниже мощности ЭЭГ в указанных отведениях и диапазонах. Такие изменения ЭЭГ характерны для реакции десинхронизации с уменьшением ритмических компонентов, однако здесь в большей мере наблюдается уменьшение мощности ритмики в высокочастотной области (диапазон β_2) и в Θ -диапазоне и не затрагивается диапазон α -волн.

Изменения в области высокочастотных ритмов γ -диапазона (30–100 Гц), а также в области Θ -диапазона часто отмечаются различными исследователями во взаимосвязи с оценкой семантических отношений [1, 3, 6, 7]. К сожалению, в данном исследовании

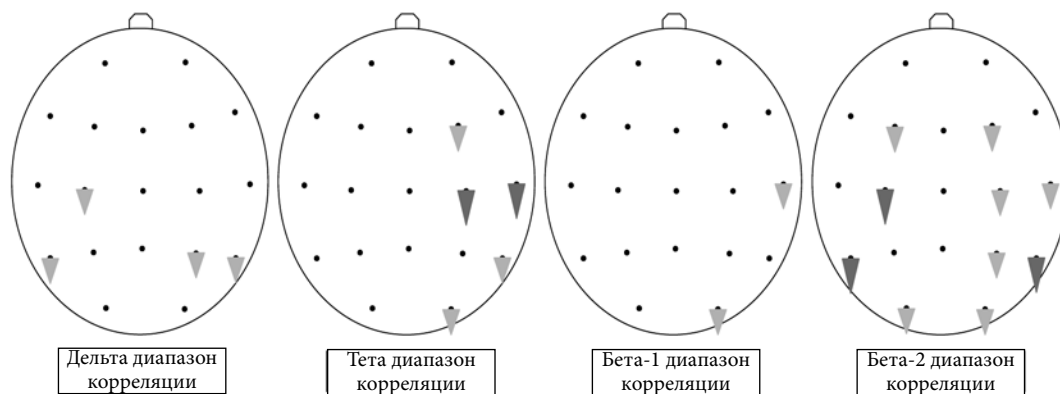


Рис. 1. Корреляционные взаимосвязи между показателями мощности в основных диапазонах ритмов ЭЭГ (Δ , Θ , β_1 , β_2) в различных отведениях и мерой «стресса», полученными в результате процедуры многомерного шкалирования семантических связей

Примечание: маленькие серые треугольники, направленные острием вниз, отражают наличие отрицательной корреляции на уровне значимости $p < 0,05$, большие — отрицательные корреляции на уровне $p < 0,01$.

не вычислялись мощности ЭЭГ в диапазоне выше 35 Гц, однако резкие изменения в диапазоне 20–33 Гц позволяют предположить, что нарушение семантических связей между элементами актуального содержимого сознания сопровождается снижением мощности именно в высокочастотных диапазонах и в диапазоне Θ -ритма. Также обращает на себя внимание преимущественное смещение изменений мощности Θ -волн в правое полушарие. Однако в литературе, особенно посвященной клиническим исследованиям, существуют указания на резкие отклонения в уровне осознанности поведения, критичности при повреждениях правого полушария [10]. Возможно, в данном случае именно функциональное состояние когнитивного блока в правом полушарии тесно связано с уровнем упорядоченности семантических связей понятий, содержащихся в сознании. Кроме этого, активное включение в работу правого полушария связано в данном случае с тем, что при оценке расстояний между понятиями используются не только вербально-логические, но и пространственные функции.

На рис. 2 представлены корреляционные взаимосвязи между мощностью разных ритмов ЭЭГ в различных отведениях и количеством осей пространства, в которое вписывались все указанные понятия с уровнем «стресса», близким к нулю.

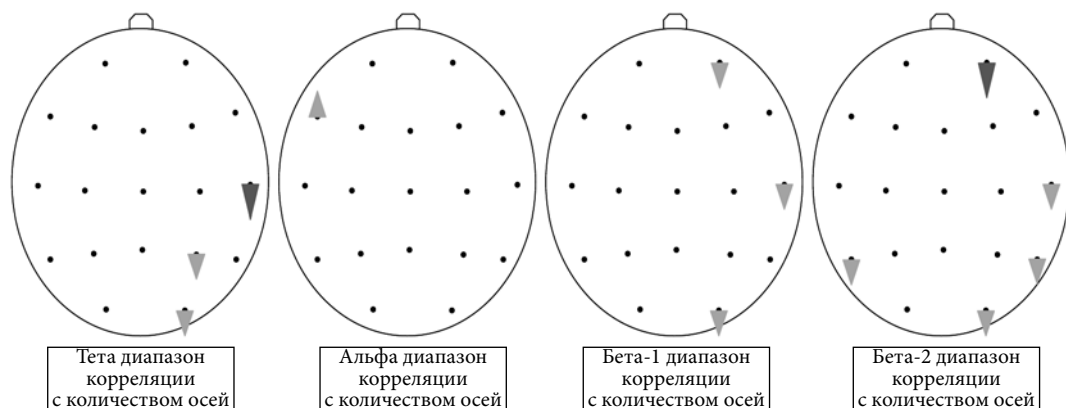


Рис. 2. Корреляционные взаимосвязи между показателями мощности в основных диапазонах ритмов ЭЭГ и показателем размерности семантического пространства

Здесь мы видим очень похожую картину: затронуты в основном правые височно-затылочные области в диапазонах Θ и β_2 , вместе с тем, затронуты и фронтальные области мозга F7 и Fp2. Возможно, изменения ритмики данных областей связано с включением мыслительных процессов при построении более сложного семантического пространства, характеризующегося большим количеством координатных осей.

Обсуждение результатов

На основании результатов данного исследования можно предположить, что упорядоченность семантического поля сознания связана с изменениями функционального состояния когнитивного блока мозга, что отражается в изменениях мощности ЭЭГ в диапазонах Θ и β_2 , а возможно, и γ -ритмов. Чем больше неупорядоченность семантического пространства, тем более нестабильно функциональное состояние когнитивного блока.

Соответственно, увеличению степени упорядоченности семантического пространства, то есть более точному разложению матрицы семантических расстояний в трехмерное пространство, сопутствует стабилизация и систематизация когнитивного блока. По-видимому, при помощи предложенной методики измерения упорядоченности поля сознания, можно изучать эмпирические характеристики сознания испытуемого, такие как объем, широта/узость, фрагментарность/целостность. Однако для стандартизации данной методики целесообразно проведение дополнительных исследований на различных клинических группах, например больных с определенными нарушениями сознания.

Выводы

1. Степень упорядоченности сознания можно измерять с помощью психосемантических и психофизиологических методов.

2. Степень упорядоченности сознания связана с двумя основными факторами:

— способностью мозговых механизмов к систематизации и упорядочиванию поступающей информации;

— непротиворечивостью самой поступающей информации прошлому опыту субъекта.

3. Жесткость и сложность семантических связей между актуальными понятиями связана с мощностью ЭЭГ, в основном, в диапазонах Θ и β_2 ритмов.

Дальнейшая интерпретация данных планируется в ключе определения психофизиологических механизмов сознания. Актуализируется возможность раскрытия основных принципов и механизмов коррекции состояния сознания. В ближайшее время мы предполагаем получить описание особенностей состояния сознания при просмотре изображений различной степени сложности, что, на наш взгляд, позволит расширить теоретическое знание о возможных состояниях и эмпирических характеристиках сознания и связать параметры сознания с особенностями (мерой сложности — фрактальной размерностью) внешней среды, в которой находится человек.

Литература

1. *Abernethy M., Coney J.* Semantic category priming in the left cerebral hemisphere // *Neuropsychologica*. 1996. Vol. 34. P. 339–350.

2. *Bacon E., Danion J.-M., Kauffmann-Muller F. and Bruant A.* Consciousness in Schizophrenia: A Metacognitive Approach to Semantic Memory // *Consciousness and Cognition*. 2001. № 10(4). P. 473–484.

3. *Bastiaansen C. M., van der Linden M., ter Keurs M., Dijkstra T., Hagoort P.* Theta responses are involved in lexico-semantic retrieval during language processing // *J. Cognitive Neuroscience*. 2005. Vol. 17. P. 1–12.

4. *Bastiaansen C. M., Oostenveld R., Jensen O. and Hagoort P.* I see what you mean: Theta power increases are involved in the retrieval of lexical semantic information // *Brain and Language*. 2008. Vol. 106. P. 15–28.

5. *Bechtel W.* Consciousness: Perspectives from symbolic and connectionist AI // *Neuropsychologia*. 1995. Vol. 33(9). P. 1075–1086.

6. *Hald L. A., Bastiaansen M., Hagoort P.* EEG theta and gamma responses to semantic violations in online sentence processing // *Brain and Language*. 2006. Vol. 96. P. 90–105.

7. *Maguire M. J., Brier M. R. and Ferree T. C.* EEG theta and alpha responses reveal qualitative differences in processing taxonomic versus thematic semantic relationships // *Brain and Language*. 2010. Vol. 114. P. 16–25.

8. *Защиринская О. В., Наследов А. Д., Горбунов И. А.* Использование психосемантического дифференциала для изучения общения младших школьников // Вестн. РГНФ. М., 2006. № 1. С. 181–192.
9. *Кучеренко В. В., Петренко В. Ф., Россохин А. В.* Измененные состояния сознания: психологический анализ // Вопросы психологии. 1998. № 3. С. 70–78.
10. *Марютина Т. М., Ермолаев О. Ю.* Введение в психофизиологию. М., 2004. С. 72–74.
11. *Наследов А. Д.* Математические методы психологического исследования. СПб., 2008. С. 299.

Статья поступила в редакцию 20 сентября 2010 г.