

# Исследование психоэмоциональной устойчивости на основе матрицы базальных эмоций

**В.Т. Волон**

Самарский филиал Современной гуманитарной академии, Самара, Россия

**В.В. Волон\***

Самарский государственный университет, Самара, Россия

Поступила 16 сентября 2016 / Принята к публикации: 20 октября 2016

## Research of psycho-emotional stability in the basal emotions matrix

**Vyacheslav T. Volov**

Samara Branch of the Modern Humanitarian Academy, Samara, Russia

**Vsevolod V. Volov\***

Samara State University, Samara, Russia

\* Corresponding author E-mail: volovvv@nm.ru

Received September 16, 2016 / Accepted for publication: October 20, 2016

Статья представлен инновационный метод, созданный на базе матричного подхода, для оценки состояния психоэмоциональной сферы. Разработаны матричные критерии устойчивости. Апробация метода проведена на материале электромиографического исследования обратной лицевой связи во время эмоционального реагирования у больных эпилепсией.

Для калибровки метода в исследовании приняли участие здоровые испытуемые. Предварительно были разработаны миографические карты для измерения тонуса мимических мышц во время проб на шесть базальных эмоций. Эксперимент был организован таким образом, чтобы отражать работу обратной афферентации эмоции. Установлено, что амплитудно-частотные характеристики проб и реакций произвольных эмоциональных реакций оказались идентичны. Поэтому пробы коплантарны развитию естественной эмоции: первая проба соответствует стадии эфферентного синтеза, вторая проба – стадии афферентного синтеза.

Определение особенностей эмоционального реагирования проведено на основе модели качественной диагностики эмоций. Были выявлены киральные эффекты: воспроизведение мимического паттерна эмоции в обеих пробах. Данный эффект позволил разделить нарушения лицевого реагирования от специфических паттернов, по которым были установлены блоки и другие эффекты ограничения эмоций. Матричный метод позволил произвести количественные оценки психоэмоционального состояния на основе инструментальных измерений базальных эмоций.

При сопоставлении результатов качественного и количественного анализа были выявлены взаимосвязи между качеством реакций и энергетическими характеристиками матрицы базальных эмоций. В итоге установлены определенные закономерности работы механизма обратной афферентации, связанные с ограничением обратной лицевой связи как проявления обратной связи системы эмоционального реагирования.

**Ключевые слова:** матрица базальных эмоций, напряженность психоэмоционального состояния, мимические паттерны, эпилепсия, психоэмоциональный баланс, устойчивость, ригидность.

The paper presents the analysis of psycho-emotional state estimation, which is based on the facial feedback monitoring. The myographic research data revealed qualitative and quantitative singularities of epileptics on the range of basal emotion indicators which have been received on the matrix method way basis and model of quality diagnostics.

For the calibration method the study involved healthy subjects. Beforehand myographic cards were developed to measure the tone of facial muscles during the trial of six basal emotions. The experiment was arranged in such a way as to reflect the work of reverse afferentation emotions. The amplitude-frequency characteristics of the samples and emotional reactions of involuntary reactions were identical. Therefore samples of complementary development of natural emotions were tried: the first test stage included efferent synthesis, the second stage used afferent synthesis.

Defining features of emotional response was carried out on the basis of the model of quality diagnostics of emotions. The chiral effects were identified: mimic pattern emotions in both samples. This effect allowed to separate violations of the personal response from the specific pattern, which blocks the effects of restrictions and other emotions. The matrix method allowed to produce quantitative estimates of mental and emotional state on the basis of instrumental measurements of basal emotions. In the group of epileptics, on the facial expression level emotional blocks are identified which are connected with ceral effects (repented characteristic deviation of emotional patterns in the two probes).

Additionally differences on quantitative estimations between the epileptics reactions and healthy individuals are revealed.

**Keywords:** the basal emotions matrix, the tension of the psycho-emotional state, mimic pattern, epilepsy, psycho-emotional balance, stability, rigidity.

Среди фундаментальных вопросов научной психологии особенно остро стоит проблема определения психической устойчивости, установление которой необходимо для оценки и прогноза психического состояния.

Проблеме устойчивости посвящены труды таких ученых как Л.А. Китаев-Смык, Э.С. Боброва, А.О. Прохоров, Л.Г. Дикая, рассматривающих данный феномен в традиционном аспекте – как саморегуляции посредством волевого формирования необходимого состояния (Ильин, 2012, С. 234). Однако имеют место и естественные, неосознаваемые механизмы, определяющие устойчивость психики. На сегодняшний день отсутствует методологический аппарат исследования данного явления. Исключением являются работы Г.В. Залевского, посвященные феномену избыточной устойчивости – ригидности (Залевский, 1993, С. 51).

Для определения психоэмоциональной устойчивости необходим естественнонаучный подход, с применением психофизиологических измерений с количественными и качественными оценками.

В соответствии с гипотезой обратной лицевой связи (ОЛС), мимические реакции не только предшествуют эмоции в форме телесных ощущений, но и составляют ее сущность (Изард, 2012, С. 35). Мы исходим из представления об ОЛС как о проявлении механизма обратной

связи в системе эмоционального реагирования (СЭР), в котором лицевые реакции кодируют состояния, но не замещают их (Волов, 2008, С. 45). Кроме того, мы опираемся на энергетическую парадигму в оценке устойчивости психики, реализация которой возможна только при количественных измерениях.

Мимический паттерн эмоции несет информацию о состоянии, выполняя регуляторную функцию. Это положение согласуется с теорией базальной системы эмоциональной регуляции, в которой выделяется свойство эмоции, направленное на достижение устойчивости за счет саморегуляции (Лебединский, 1990, С. 35). Эмоция, системообразующим фактором которой является достижение определенного состояния, реализуется одновременно в формате акцептора результата действия и в самом результате действия. Таким образом, обратная связь эмоции координирует как процесс изменения психоэмоциональной сферы (ПЭС), так и аутентичность реакции. В связи с этим, психические параметры эмоции отражают отдельные звенья афферентного и эфферентного синтеза на разных этапах эволюции ПЭС, а также ее каналы обратной связи.

Целью исследования является разработка количественных критериев и качественных признаков устойчивости психоэмоциональной сферы в норме

и в условиях пароксизмального мозга (Волов, 2015, С. 122).

### Качественно-количественный метод оценки системы эмоционального реагирования

Исследование проведено на базе отделения функциональной диагностики Самарской областной клинической больницы им. В.Д. Середавина в период с 2014 по 2016 гг. Основную группу составили больные эпилепсией разных клинических форм интеллектуально сохранные, без выраженной морфологии (46 чел.). В группу сравнения вошли здоровые люди (45 чел.). По данной группе производилась калибровка метода – нормировались электромиографические (ЭМГ) пробы и оценки ключевых показателей. Для этого данные были сопоставлены по параметрам модели качественной диагностики и матричного метода.

Предварительно были разработаны миографические карты. ЭМГ-регистрация произведена на аппарате Nicolet «Viking Quest» по абсолютной амплитуде, мощности и усредненной амплитуде. Доверительный интервал для элементов матрицы базовых эмоций (МБЭ) равен  $\Delta n = 3,57\text{мВт}$ . Сначала измерялась «маска» – тонус мимических мышц в покое. Далее были проведены пробы на шесть базальных эмоций (гнев, страх, печаль, радость, отвращение, удивление). В первой пробе нужно представить ситуацию, связанную с эмоцией. В следующей пробе нужно определить эмоцию (тест Экмана). В качестве ориентира при разработке проб были избраны труды отечественных классиков психофизиологического исследования эмоций (Русалова, 1979, С. 23; Хомская, 1992, С. 33).

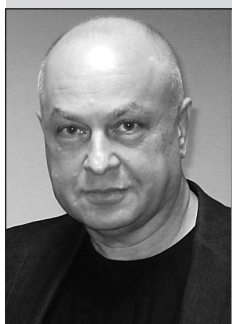
Анализ качественных реакций в первой пробе выявил искажения паттерна эмоций. Парадоксальные реакции отмечены на страх. В группе больных такие реакции наблюдаются и по другим эмоциям, а также нулевые реакции – признак деградации ОЛС. В результате выделены реакции, соответствующие эталону (а), с нарушенным паттерном (б) и антагонистические (с).

В основной группе отклонения паттерна от эталонного встречаются зна-



**Всеволод Вячеславович Волов** –

кандидат психологических наук, старший научный сотрудник Самарского государственного университета, докторант Томского государственного университета.  
E-mail: volovvv@nm.ru



**Вячеслав Теодорович Волов** –

доктор педагогических, социологических, физико-математических, технических, экономических наук, профессор, член-корреспондент РАО, директор Самарского филиала Современной гуманитарной академии  
E-mail: vtvolov@mail.ru

чительно чаще. Так, значимые различия выявлены по b- и c-реакциям на печаль ( $p=0,056$ ). В обеих группах выявлена тотальная реакция с общим повышением тонуса как проявление c-реакции на страх, связанная с повышенной чувствительностью. Это подтверждается самоотчетами испытуемых и по результатам второй пробы. Реакции «с» в основной группе также часто наблюдаются и по гневу, а в группе здоровых чаще отмечается неполный паттерн (b). С-паттерн свидетельствует не о распаде, а о блокировании эмоции.

По второй пробе также выявлены парадоксальные реакции снижения тонуса лицевых мышц вместо напряжения (и наоборот), а также отсутствие изменений. Такая тенденция отмечена по страху, печали и гневу. Подобные реакции встречаются и в контрольной группе, однако только по неправильно идентифицированным эмоциям, причем реже.

Установлено, что контрольная группа лучше определяет эмоции, в том числе при эталонных реакциях (а). Это свидетельствует о срабатывании обратной связи, как на уровне афферентного синтеза, так и на уровне эфферентного звена СЭР. Так, например, идентификация эмоции печали (3 из 3) происходит достоверно чаще ( $p=0,056$ ), результаты с отсутствием определения эмоции (0 из 3) чаще встречаются в основной группе ( $p=0,069$ ). Страх определяется больными хуже всего: достоверно чаще отмечается нулевой результат ( $p=0,002$ ). В то же время данная эмоция чаще ( $\geq 2$ ) определяется здоровыми испытуемыми ( $p=0,03$ ). Эмоция радости хорошо узнается в обеих группах. Гнев лучше узнают больные эпилепсией ( $p=0,048$ ).

В основной группе не только больше ошибок, но и наблюдается ложное узнавание, когда эмоция стабильно воспринимается за другую.

Сопоставление данных двух проб в основной группе выявило однотипные отклонения в форме зеркальных реакций (киральные эффекты). Так, аффект с c-реакцией в первой пробе нередко наблюдается и во второй, причем, даже тогда, когда не происходит ее определение. Таким образом, проявляется блок нарушенный паттерн сдерживает эмоцию. Повторение c-реакций по одной

и той же эмоции (равно как и асимметричных) свидетельствует о закономерном воспроизведении искаженного паттерна в разных условиях развертывания аффекта (модуляции и модулирования) независимо от идентификации, что в группе здоровых испытуемых встречается крайне редко.

Частотный анализ выявил различия между группами по наличию киральных эффектов (КЭ). По гневу в основной группе больше b-, c- и асимметричных КЭ. Определены различия по b- и c-киральным реакциям по печали ( $p=0,05$ ). В контрольной группе киральные эффекты, связанные с гневом, не обнаружены. В то же время, КЭ с a-реакцией чаще наблюдается именно в контрольной группе. Так, достоверные различия выявлены по отвращению ( $p=0,008$ ). В основной группе киральные b-реакции встречаются не только чаще ( $p=0,405$ ), но и при ошибочном, и при верном узнавании эмоции (в контрольной группе тенденции встречаются достоверно реже,  $p=0,205$ ), что свидетельствует об ограничении ОЛС, а не о распаде эмоции. Распад эмоции характеризуют такие профили, при которых паттерн носит случайный характер, т.е. не повторяет первой пробы и обусловлен нарушением механизма ОЛС.

В результате на основе сопоставления данных проб выявлены закономерности, которые определены как блокирование и изоляция. Блок проявляется в ограничении эмоции на уровне лицевой экспрессии – эфферентном звене СЭР и связан с сохранением статической устойчивости ПЭС. Блок определяется в c-паттерне с киральным эффектом при идентификации эмоции и без. Также блок определяется в асимметричных реакциях: паттерн первой пробы зеркально искажается во второй.

Статистический анализ показывает достоверные различия между группами по наличию киральных эффектов с-типа и асимметричного типа ( $p=0,0229$ ). При этом киральная a-реакция по всем эмоциям в группе больных встречается достоверно реже ( $p=0,0258$ ). Таким образом, признаки блока в СЭР в группе больных встречаются значительно чаще.

Интегральная оценка по общему уровню идентификации показывает зна-

чимые различия между группами при сопоставлении испытуемых без КЭ, связанных с блоком любой из шести базальных эмоций, в пользу здоровых ( $p=0,06$ ). Выявленная тенденция свидетельствует о снижении данной функции в группе больных эпилепсией, что во многом объясняет отдельные поведенческие проявления ригидности. Близкие результаты получены при сопоставлении того же параметра у испытуемых основной группы с блоком и всех испытуемых контрольной группы: узнавание также достоверно лучше у здоровых ( $p=0,023$ ). Этот факт свидетельствует о том, что наличие блока связано с ограничением идентификации эмоции.

Диагностика реакций во второй пробе отражает работу афферентного звена обратной связи эмоции. Характерные ограничения этого звена позволяют определить механизм изоляции. Первый тип реакций (КЭ с b-паттерном без идентификации) заключается в исключении функции осознания в процессе срабатывания эффекта эмоционального резонанса – когнитивного канала афферентного синтеза СЭР. Во втором типе реагирования (c-паттерн эмоции во второй пробе), наоборот, данный канал срабатывает, однако не на ментальном уровне. Третий тип (ложно узнаваемые эмоции) является исключительным способом изоляции эмоции: перцептивный канал афферентного синтеза срабатывает при фиксации когнитивного канала. Таким образом, проявляются вариации механизма изоляции, связанные с ограничением эмоции на уровне когнитивного или перцептивного каналов афферентного звена ОЛС.

### Аналитический метод количественной оценки устойчивости психоэмоциональной сферы

В качестве основы количественного исследования ПЭС выбран матричный метод (Гантмахер, 2010, С. 87). При разработке матрицы базовых эмоций (МБЭ) в качестве основы критериальной оценки устойчивости ПЭС использовались следующие принципы:

1. принцип симметрии МБЭ;
2. принцип суперпозиции;

3. принцип организационного единства и функционального подобия, который гласит: качество лицевых реакций, кодирующих в мимическом профиле то или иное состояние, должно соответствовать интенсивным и экстенсивным параметрам данной эмоции.

При разработке матрицы базальных эмоций  $\{Z_{ij}\}$  использовался диадный анализ парных аффектов, подобранных на основе психологической полярности.

В общем виде элемент матрицы МБЭ имеет следующий вид:

$$Z_{ij} = Y_j + X_i, \text{ где } i = 1+3; j = 1+3, (1)$$

а сама матрица (МБЭ) имеет такой вид:

$$Z_{ij} = \begin{Bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} \end{Bmatrix} (2)$$

где элементы матрицы определяются сложением соответствующих базальных эмоций ( $Y_i, X_j$ ), следующим образом – см. таблицу 1.

Например,  $Z_{11} = X_1 + Y_1$ . Основными параметрами МБЭ являются норма или мощность матрицы  $\|M_{ij}\|$  и напряженность ( $L$ ). След матрицы определяется суммированием показаний парных полярных эмоций:

$$L = Z_{11} + Z_{22} + Z_{33} = (Y_1 + X_1) + (Y_2 + X_2) + (Y_3 + X_3) \text{ (мВТ)} (3)$$

Все МБЭ, полученные в результате миографических исследований, являются каноническими, а их элементы позитивно определены. Это означает, что норма матрицы имеет такой вид (Волов, Волов, 2015, С. 5):

$$k - \text{норма } \|M_{ij}\| = \sqrt{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 z_{ij}^2} \text{ (мВТ)} (4)$$

будет больше любого из элементов МБЭ

$$\|M_{ij}\| \geq z_{ij} (5)$$

Первый критерий – это мера отклонения от симметрии МБЭ, которая определяется средним значением отклонений парных неполярных эмоций матрицы ( $z_{ij}, z_{ji}$ ). Данный критерий, определяющий устойчивость МБЭ, запишется следующим образом:

Таблица 1. Ортогональная матрица базовых эмоций

Эмоции	$X_1$ (гнев)	$X_2$ (радость)	$X_3$ (удивление)
$Y_1$ (страх)	$Z_{11}$	$Z_{12}$	$Z_{13}$
$Y_2$ (печаль)	$Z_{21}$	$Z_{22}$	$Z_{23}$
$Y_3$ (отвращение)	$Z_{31}$	$Z_{32}$	$Z_{33}$

Table 1. The orthogonal matrix of basic emotions (MBE)

Emotions	$X_1$ (Anger)	$X_2$ (Joy)	$X_3$ (Surprise)
$Y_1$ (Fear)	$Z_{11}$	$Z_{12}$	$Z_{13}$
$Y_2$ (Sorrow)	$Z_{21}$	$Z_{22}$	$Z_{23}$
$Y_3$ (Disgust)	$Z_{31}$	$Z_{32}$	$Z_{33}$

$$\bar{\varepsilon} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \text{abs}(z_{ij} - z_{ji}) / z_{ij(ij)}^{\max} / 3, i \neq j (6)$$

где  $z_{ij(ij)}^{\max}$  – максимальное значение внедиагонального члена МБЭ.

Критерий  $\bar{\varepsilon}L$  является безразмерной величиной, а сопряженная с ней размерная величина – критерий  $\bar{\varepsilon} * L$  определяет долю энергии обратной связи ПЭС, идущей на внедиагональный дисбаланс МБЭ.

Третий критерий МБЭ определяет меру отклонения парных полярных эмоций МБЭ  $Z_{ij}$  от их средних значений, равных  $L/3$ . Данный критерий может быть выражен в размерной и безразмерной формах:

$$L = \sum_{i=1}^3 \text{abs}(L/3 - z_{ii}) (7)$$

$$\Delta \bar{L} = \Delta L / L (8)$$

Четвертый критерий – индикатор энергетической эффективности обратной связи ПЭС определяется следующим образом:

$$I = 1 - \left[ \frac{E + L}{\|M_{ij}\|} \right] \cdot \phi$$

$$E = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \text{abs}(z_{ij} - z_{ji}), i \neq j, \text{ где } \phi = \begin{cases} 1, \text{ если } \text{abs}(\|M_{ij}\| - L) / \|M_{ij}\| \leq \varepsilon_1; \\ \beta, \text{ если } \text{abs}(\|M_{ij}\| - L) / \|M_{ij}\| > \varepsilon_1 \end{cases}; (9)$$

$$\beta = 0,7, \varepsilon = 0,05.$$

Энергия ОЛС составляет лишь часть энергии ПЭС. При напряженности МБЭ близкой к значению нормы матрицы, энергия дисбаланса черпается из энергии ОЛС ( $\phi = 1$ ) (6). В противном случае часть энергии, идущей на дисбаланс, трансформируется из общей энергии ПЭС ( $\phi = 0,7$ ).

На основе разработанных матриц осуществлен интегративный анализ ПЭС больных эпилепсией и здоровых людей (табл. 2). Выявлена зависимость: чем выше уровень на-

Таблица 2. Энергетические показатели МБЭ

Показатели ЭМГ* (здоровые)		Показатели ЭМГ (здоровые)		Отличия в %
$L$	$\varepsilon$	$L$	$\varepsilon$	$\varepsilon$
47	0.18	86	0.245	26.5%
Показатели ЭМГ (больные)		Показатели ЭМГ (больные)		Отличия в %
$L$	$\varepsilon$	$L$	$\varepsilon$	$\varepsilon$
46	0.18	86	0.31	42%

\* Электромиография

Table 2. Energy Indicators of MBE

Indicators EMG* (Healthy)		Indicators EMG (Healthy)		Differences, %
L	ε	L	ε	ε
47	0.18	86	0.245	26.5%
Indicators EMG (Sick)		Indicators EMG (Sick)		Differences, %
L	ε	L	ε	ε
46	0.18	86	0.31	42%

\* Electromyography

пряженности матрицы, тем выше уровень дисбаланса ПЭС, что в свою очередь эквивалентно увеличению степени несимметричности МБЭ.

Проведенный анализ показал, что все матрицы являются каноническими и вырожденными ( $r = 2$ ). Данный факт говорит о взаимозависимости парных эмоций. Например, при линейной зависимости строк и столбцов МБЭ взаимозависимыми будут пять из шести эмоций. В таблице 3 представлены значения энергии дисбаланса ПЭС больных эпилепсией для четырех классов реакций. Важной составляющей теории матриц является анализ собственных значений. Возникает вопрос, какой смысл несет в себе анализ собственных значений МБЭ и что означают величины собственных значений МБЭ  $\lambda_i$ ?

Во-первых, следует отметить, что  $\lambda_1$  – это некоторая доля энергии ОЛС ПЭС, заключенной в МБЭ, т.к.  $\lambda_1$  изменяются в тех же единицах измерения, что и остальные элементы матрицы (мВт). При умножении нормированных значений  $\lambda_1$  на мощность матрицы получаем абсолютные значения этих долей энергии ОЛС в мВт. Так, например, для  $\lambda_3$  значения будут на несколько порядков меньше усредненных значений мощности МБЭ ( $\lambda_3 \approx 0,001 \div 0,1$  мВт).

Анализ собственных значений нормированной МБЭ ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ), показал например, что значение  $\lambda_1$  всегда равно нулю. Значения  $\lambda_2$  у здоровых и больных практически одинаковы и равны приблизительно единице. Значения  $\lambda_3$  здоровых соответствуют максимальным усредненным значениям  $\lambda_3$  больных эпилепсией выделенного класса. Таким образом, при анализе МБЭ выявлено, что имеется иерархия энергетических уровней:

- 1 уровень – это мощность ОЛС (соответствует  $\lambda_2$ );
- 2 уровень – это доля энергии ОЛС, идущая на дисбаланс, которая составляет  $10 \div 30\%$  от мощности МБЭ, т.е. составляет величину порядка 10 мВт;
- 3 уровень – это энергия, заключенная в долях собственных значений МБЭ  $\lambda_3$ . Можно предположить, что третий энергетический уровень МБЭ связан с энергией обратной связи СЭР.

## Энтропийный критерий динамической устойчивости

К разработанным статическим критериям устойчивости предлагается дополнительный, выполняющий одновременно роль статистического и динамического критерия МБЭ – условная энтропия (Н). Теория устойчивости дала методологический аппарат формулирования критериев (Ляпунов, 1950, С. 187), в качестве которых в ней приняты знаки второго дифференциала энтропии (вблизи равновесия) и производства избыточной энтропии вдали от равновесия (Пригожин, 1973, С. 147). В качестве обобщенной меры ПЭС разработана формула условной энтропии, имеющая следующий вид (Мартин, 1988, С. 124):

$$H = \alpha \left[ 1 - \delta \left( M_{ij}^{(sym)} - M_{ij} \right) \right] + \frac{H_0 - \alpha}{\ln(a^{r-1})} \ln \left[ a^{r-1} + b \left( \frac{\bar{\epsilon L}}{\langle \epsilon L \rangle_{здop}} + \frac{\Delta \bar{L}}{\langle \Delta \bar{L} \rangle_{здop}} + \frac{\Delta \bar{E}}{\langle \Delta \bar{E} \rangle_{здop}} - 3 \right) \right] [1 - \delta(r-1)] \quad (10)$$

где  $\alpha = 0,3$ ,  $a = 1,2$ ,  $b = 1 \cdot 10^{-3}$ ,

$$\delta \left( M_{ij}^{sim} - M_{ij} \right) = \begin{cases} 1, & M_{ij}^{(sim)} = M_{ij} \\ 0, & M_{ij}^{(sim)} \neq M_{ij} \end{cases},$$

$$\delta(r-1) = \begin{cases} 1, & r = 1 \\ 0, & r \neq 1 \end{cases} \quad (11)$$

$$\text{где } \bar{\Delta E} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \text{abs}(z_{ij} - z_{ji}) / L,$$

$$i \neq j \Delta L = \langle \Delta L / L \rangle_{здop} = 0,1023;$$

$$\langle \Delta \bar{E} \rangle_{здop} = \langle \Delta E / L \rangle_{здop} = 0,02047.$$

В формуле 10 – симметричная матрица, имеющая ту же норму, что и МБЭ, полученные в результате исследования. В формуле 10  $r$  – ранг матрицы  $\bar{E}L$  – значение усредненного энергетического дисбаланса МБЭ,  $H_0 = 0.618$ , значение энтропии «золотого сечения»  $\epsilon L_{здop}$ ,  $\langle \Delta \bar{E} \rangle_{здop}$ ,  $\langle \Delta \bar{L} \rangle_{здop}$  – усредненные значения внедиагонального дисбаланса МБЭ, относительного дисбаланса внедиагональных членов и относительной неоднородности напряженности  $L$  для здоровых людей соответственно. Условная энтропия (10) отвечает всем правилам построения математической энтропии.

Проведенный критериальный анализ по группам показал, что имеется качественное отличие зависимости энтропии от параметра напряженности МБЭ. Для здоровых рост энтропии имеет линейный характер, а для больных имеет место параболическая зависимость. При этом уровень энтропии у здоровых с ростом параметра  $L$  существенно больше, чем у больных (см. рис. 1, 2).

В первой группе ( $L \leq 60$ ) при одних и тех же параметрах уровень волатильности (флуктуаций) энтропии у больных существенно выше, чем у здоровых (см. рис. 3,4). Во второй группе ( $L \geq 60$ ) сравнения при одних и тех же значениях параметра  $L$  уровень флуктуаций энтропии у здоровых существенно больше, чем у больных. То есть, имеет место противоположная тенденция: с увеличением параметра  $L$  уровень флуктуации энтропии у больных уменьшается, что является проявлением парадоксальной устойчивости. Данный результат можно трактовать как эффект избыточ-

ной устойчивости, т.е. ригидности СЭР (Volov, Volov, 2015, P. 10).

### Интегративный анализ оценки психоэмоционального состояния

В данном разделе проведено сопоставление количественных и качественных оценок миографического исследования эмоций. Определение закономерностей мимического реагирования, выявление киральных эффектов легло в основу модели качественной диагностики базальных эмоций. Анализ, проведенный на основе матричного метода, предоставил количественные характеристики МБЭ и энергозатрат, связанных с ее устойчивостью.

Сопоставление данных матричного метода групп с разным уровнем патологии позволило определить валидность выбранной модели (таблица 3).

В результате выявлены отличия клинических групп. В частности, показатели группы 2 отличаются от показателей группы 1 меньшей энергетической эффективностью ( $I$ ), большим напряжением ( $L$ ), большими энергозатратами на дисбаланс ( $\epsilon L$ ) и более высокой энтропией МБЭ ( $H$ ). Интересные данные получены в группе с эквивалентами (3) и в группе ремиссии (4). Обе группы обладают высокими показателями по индексу, по сравнению с группами 1, 2, а также лучшими показателями по остальным критериям, по сравнению с группой 2. Показатели по напряжению, энергозатратами на дисбаланс и по энтропии оказались несколько лучше у группы 1. Это говорит не о противоречиях, а скорее ставит дополнительные вопросы о диагностике ПЭС по факторам устойчивости. Указанные особенности группы 1, выгодно отличающие ее от остальных, обосновываются в концепции А.Г. Иванова-Смоленского, согласно которой судорожные приступы способствуют разрядке. Это объясняет несколько меньшие значения напряжения и дисбаланса МБЭ. Тем не менее, по главному показателю – энергетической эффективности результаты значительно лучше в группах без генерализованных пароксизмов (3, 4). Таким образом, сопоставление результатов количественных оценок МБЭ с данными

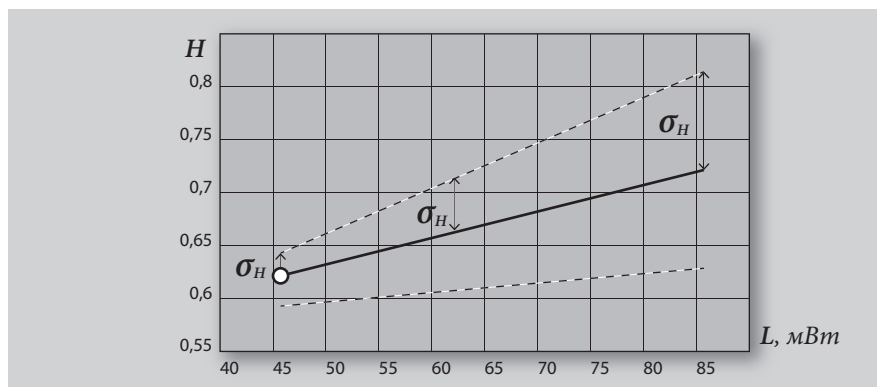


Рисунок 1. Зависимость энтропии от напряженности МБЭ в группе здоровых, где  $\sigma_H$  - это среднее квадратичное отклонение психически здоровых

Figure 1. Dependence of the entropy on the MBE tension in the healthy group,  $\sigma_H$  is the meansquare deviation of mentally healthy patients

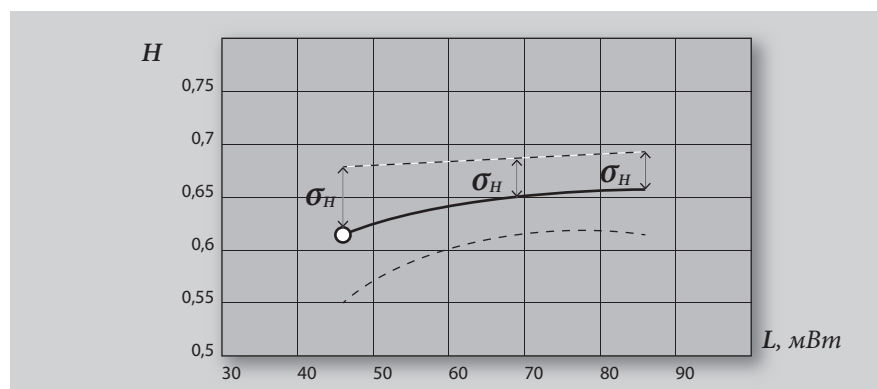


Рисунок 2. Зависимость энтропии от напряженности МБЭ в группе больных эпилепсией, где  $\sigma_H$  - это среднее квадратичное отклонение больных

Figure 2. Dependence of the entropy on the MBE tension in the epilepsy group,  $\sigma_H$  is the meansquare deviation of sick patients

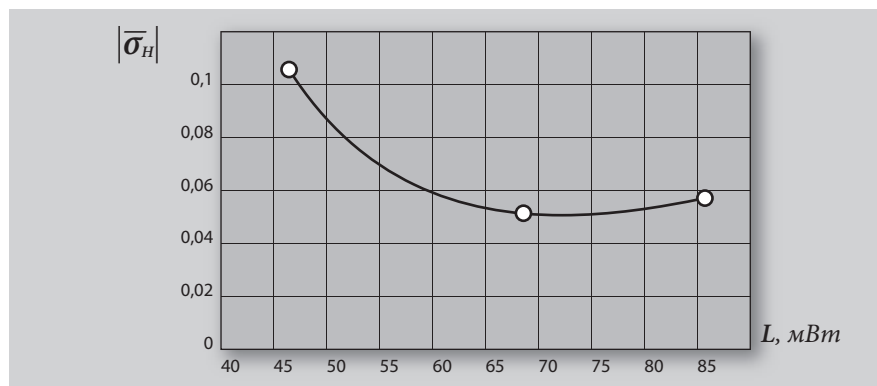


Рисунок 3. Уровень волатильности энтропии в группе больных эпилепсией

Figure 3. Entropy volatility rate in the group of epilepsy patients

клинического анализа, показало их соответствие.

Выявленные эффекты и их интенсивность соотносятся с явлением психической самоорганизации, наблюдающейся в клинике эпилепсии (Болдырев, 2000, С. 133), а также с противопароксизмальными

явлениями, включенными в т.н. анти-эпилептическую систему.

При сопоставлении по количественным характеристикам групп, выделенных на основе принципа киральности, были выявлены определенные закономерности, связанные с устойчивостью МБЭ. Особое

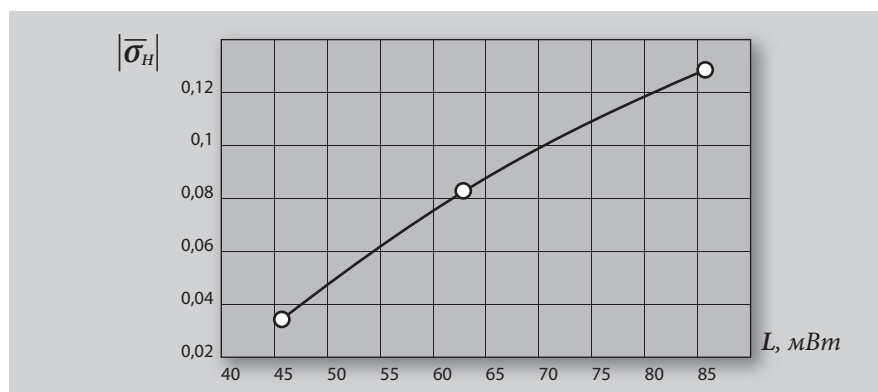


Рисунок 4. Уровень волатильности энтропии в группе здоровых  
Figure 4. Entropy volatility rate in the group of mentally healthy patients

Таблица 3. Энергетические показатели в разных клинических группах

Энергетические показатели различных клинических групп	Приступы редкие ген. (группа 1)	Приступы частые ген. (группа 2)	Парц., эквиваленты (группа 3)	Ремиссия (группа 4)
$\langle \varepsilon \rangle$	0.18	0.23	0.22	0.17
$\langle L \rangle$	49.6	85.86	61.77	77.71
$\langle \varepsilon L \rangle$	9.59	20.5	14.6	14.4
$H$	0.613	0.66	0.64	0.64
$I$	0.67	0.45	0.73	0.71

Table 3. Energy indicators in different clinical groups

Energy indicators in different clinical groups	Rare Generalized Seizures (Group 1)	Frequent Generalized Seizures (Group 2)	Partial Equivalents (Group 3)	Remission (Group 4)
$\langle \varepsilon \rangle$	0.18	0.23	0.22	0.17
$\langle L \rangle$	49.6	85.86	61.77	77.71
$\langle \varepsilon L \rangle$	9.59	20.5	14.6	14.4
$H$	0.613	0.66	0.64	0.64
$I$	0.67	0.45	0.73	0.71

Таблица 4. Энергетические показатели групп с киральными эффектами

Энергетические показатели	1 пара		2 пара		3 пара	
	(1-1)	(1-2)	(2-1)	(2-2)	(3-1)	(3-2)
$\varepsilon$	0.21	0.22	0.189	0.197	0.228	0.187
$L$	65.92	60.04	51.23	60.28	50.29	63.5
$\varepsilon L$	14.30	14.93	10.004	12.857	12.37	12.727
$H$	0.646	0.638	0.624	0.632	0.639	0.63
$I$	0.606	0.638	0.673	0.665	0.603	0.681

Table 4. Energy indicators of groups with chiral effects

Energy indicators	Pair 1		Pair 2		Pair 3	
	(1-1)	(1-2)	(2-1)	(2-2)	(3-1)	(3-2)
$\varepsilon$	0.21	0.22	0.189	0.197	0.228	0.187
$L$	65.92	60.04	51.23	60.28	50.29	63.5
$\varepsilon L$	14.30	14.93	10.004	12.857	12.37	12.727
$H$	0.646	0.638	0.624	0.632	0.639	0.63
$I$	0.606	0.638	0.673	0.665	0.603	0.681

внимание заслуживают показатели группы с признаком блока эмоции, а также

группа с изоляцией эмоции, по сравнению с аналогичными группами (табл. 4).

Так, группа с антагонистическим блоком (1-1) показала отличие от группы с частично нарушенным паттерном (1-2), повторяющимся в пробах. Группу 1-1 отличает более высокий уровень напряжения ( $L$ ) МБЭ. При этом, показатель энергозатрат на дисбаланс выше в группе 1-2 ( $\varepsilon L$ ). По уровню условной энтропии МБЭ ( $H$ ) результаты лучше в группе 1-2. Показатели по интегральному критерию – индикатору энергетической эффективности ПЭС также лучше у группы 1-2 ( $I$ ). Таким образом, появление с-блока связано с большим напряжением, несколько меньшей энергетической эффективностью, а, значит, и меньшей устойчивостью МБЭ. Антагонистический блок, по всей видимости, возникает в связи с необходимостью исключения того или иного состояния. За счет блокирования эмоции достигается статическая устойчивость МБЭ – происходит ограничение степеней свободы СЭР на уровне эфферентного и афферентного звеньев обратной связи ОЛС. При этом часть энергии идет на сам блок. Вместе с тем, наличие КЭ в обеих группах, независимо от формы, свидетельствует о решении единой задачи в условиях пароксизмальной активности – сохранении устойчивости.

Сравнение групп с киральным b-паттерном (2-2) с группой, имеющей в профиле проб асимметричную реакцию (2-1) выявило значительные отличия по критериям  $\langle I \rangle$  и  $\langle H \rangle$ . В то же время, группу 2-1 выгодно отличают значения ( $L$ ) и ( $\varepsilon L$ ). Предварительный вывод: асимметричные реакции, как эксклюзивный профиль ОЛС, возникают как специфическое достижение статической устойчивости в особых условиях. Согласно клиническим данным, они чаще наблюдаются в группах с генерализованными приступами. Это означает, что в условиях угрозы пароксизма формируется избыточная устойчивость, компенсируемая за счет асимметричного профиля СЭР. Группа 2-2 решает данную задачу, исходя из обратных условий – недостатка устойчивости, что характеризует основную массу испытуемых базовой выборки.

Сравнение групп с-реакцией в первой (3-1) или во второй пробе (3-2) также обнаруживает различия. Показатели по уровню энтропии лучше у группы

3-2 (H). В данной группе оказались лучше показатели и по индикатору ПЭС (I), что свидетельствует о большей эффективности изоляции эмоции – ограничения обратной связи на уровне воспроизведения ПЭС. Вместе с тем, более высокие показатели по следу характеризуют МБЭ группы 3-2 как более напряженную. Предварительный вывод: оба типа реакций включаются в СЭР на разных уровнях и по-разному решают задачу сохранения устойчивости. Большее напряжение в группе 3-2 не сопровождается высокими показателями по энергии дисбаланса МБЭ: формирование с-блока во второй пробе в таких условиях возникает как фактор нивелирования дисбаланса МБЭ. Данный механизм наблюдается в группе с редкими генерализованными приступами.

Таким образом, сохранение устойчивости в группе 3-2 достигается за счет ограничения вовлечения в то или иное состояние в ситуации эмоционального резонанса (Симонов, 2004, С. 24). Выявленная тенденция является примером изоляции эмоции, демонстрирующим энергетические преимущества над блоком – альтернативным ограничением обратной связи как механизма устойчивости.

Обобщая результаты компаративного анализа, можно заключить, что КЭ, специфические искажения паттерна эмоции, свидетельствуют об эффекте устойчивого патологического состояния (Бехтерева, 2013, С. 101), когда за счет ограничения ОЛС достигается временный баланс. Разнообразие форм кривых эффектов характеризует вариативность механизмов психической самоорганизации в условиях пароксизмального мозга, связанных с решением задачи достижения устойчивости.

Сопоставляя результаты эксперимента с положениями теории функциональных систем (Анохин, 1980, С. 81), можно идентифицировать данные двух проб как показатели, соответственно, эфферентного и афферентного звеньев обратной связи МБЭ в рамках функциональной системы ПЭС. На основе интегративного качественно-количественного анализа МБЭ выявлены характерные формы блока обратной связи СЭР больных эпилепсией. Формат двух проб позволяет производить мониторинг ОЛС

– в позиции входа в эмоциональное состояние с отражением на лице и при переходе в него через отображение мимических реакций воспринимаемой эмоции как выход СЭР. В первом случае фиксируется профиль эмоционального реагирования, во втором – срабатывание его обратной связи в процессе реализации функции.

Анализ, проведенный с помощью матричного метода, выявил количественные характеристики устойчивости МБЭ. Энергетический профиль показывает эффективность, уровень напряженности и дисбаланса МБЭ, траты на его компенсацию, а также уровень ее условной энтропии. Дальнейшее сопоставление этих данных с результатами качественного анализа позволило определить эффективность различных форм блока обратной связи как механизма устойчивости ПЭС. В итоге была разработана демонстрационная модель оценки механизма обратной связи СЭР с возможностью диагностики на разных этапах ее эволюции. Миографические измерения, производимые экспериментально, отражают моментальный срез состояния системы, которое может измениться во времени. В то же время, полученные данные передают картину устройства функциональных систем психической самоорганизации, что расширяет представление об организации эмоций в системе эмоционального реагирования (Лурия, 2007, С. 88).

## Заключение

В работе представлена методология исследования обратной связи эмоций, включающая принципы симметрии и суперпозиции, научно-научные принципы, матрицу базальных эмоций, тематический аппарат теории матриц, модель качественной диагностики. Авторами апробирован качественно-количественный метод оценки ПЭС на основе исследования ОЛС.

Исследование лицевых реакций рассматривается как профиль обратной связи в СЭР. Это положение по-новому представляет феномен мимики – не только как сопровождение эмоций, но, прежде всего, как психофизиологи-

ческий триггер обратной связи функциональных систем психической самоорганизации.

Разработано инновационное инструментальное средство количественного анализа состояния психоэмоциональной сферы на основе матричного подхода. Основой данной методологии является разработанная матрица базальных эмоций, элементы которой представляют собой суммы комбинаций полярных и неполярных эмоций. Определены параметры и критерии количественной оценки СЭР ПЭС на основе МБЭ. Основными параметрами является норма (или мощность) и напряженность ПЭС, представляющая собой след МБЭ. В основу разработки критериев устойчивости СЭР ПЭС заложены количественные оценки асимметрии матрицы и неравенства полярных комбинаций следа матрицы. К основным критериям следует отнести –  $\epsilon$ -критерий,  $\langle \epsilon L \rangle$ -критерий,  $\langle \Delta \bar{L} * L \rangle$ -критерий,  $\kappa$ -критерий, условную энтропию, индикатор эффективности СЭР ПЭС, а также волатильность основных критериев (стандартные среднеквадратичные отклонения). При этом обобщенными критериями устойчивости МБЭ являются энтропия и индикатор эффективности. В результате установлена следующая закономерность: с увеличением мощности МБЭ растет ее энергетический дисбаланс, а, значит, теряется устойчивость ПЭС. Большее напряжение сочетается с более высокими показателями энергии дисбаланса.

При компаративном анализе СЭР ПЭС здоровых и больных эпилепсией испытуемых установлено, что для параметра напряженности  $L \leq 60$  значения основных критериев МБЭ практически идентичны (отличия не более 3–5%). Однако стандартное отклонение в группе больных эпилепсией по выделенным пяти критериям в несколько раз выше, чем у здоровых. Для групп испытуемых с  $L \geq 60$  имеет место противоположный результат – относительная величина стандартных отклонений (волатильность) основных критериев у больных существенно меньше, чем у здоровых.

Отдельный анализ по критерию условной энтропии МБЭ показал, что тренд в зависимости от напряженности меняет характер, что в соответ-



вие с теоремой И. Пригожина о минимуме производства энтропии можно трактовать как устойчивый характер СЭР ПЭС (параметр  $L$  в данном случае

и МБЭ проявления феномена ригидности, что отчасти соответствует т.н. избыточной устойчивости (Залевский, 1993, С 57). Данный результат в соответствие

Выявленный на основе качественного анализа блок по отдельным эмоциям в таких условиях является фактором нивелирования дисбаланса МБЭ. Значимым результатом является подтверждение того, что парные эмоции являются взаимозависимыми. Это фактически обосновывает теоретические предположения о единстве психоэмоциональной сферы

играть роль времени). Анализ средних значений среднеквадратичных отклонений энтропии показывает их уменьшение с ростом напряженности  $L$ , что дополнительно подтверждает устойчивость функционирования СЭР в группе больных эпилепсией. Это объясняется наличием эффектов самоорганизации, связанных с блокированием базальных эмоций. Полученный результат можно интерпретировать как количественное подтверждение на основе нейрофизиологических исследований ОЛС

с теорией функциональных систем может быть расценен как избавление системы (СЭР) от лишней степени свободы. В данном случае речь идет об ограничении эмоционального реагирования на уровне обратной лицевой связи.

Выявленный на основе качественного анализа блок по отдельным эмоциям в таких условиях является фактором нивелирования дисбаланса МБЭ. Значимым результатом является подтверждение того, что парные эмоции являются взаимозависимыми. Это фактически обосновывает теоретические предположения о единстве психоэмоциональной сферы

выводит теоретические предположения о единстве психоэмоциональной сферы.

Сопоставление данных по качественному и количественному методам исследования ПЭС больных эпилепсией показало их согласованность. На основе МБЭ разработана формула ее условной энтропии, позволяющая получить дополнительную информацию о динамике и статике ПЭС большого эпилепсией.

Выявленные блоки эмоции, связанные с появлением киральных эффектов, представляют собой механизмы достижения результата действия за счет статической устойчивости. Система получает ограничение функции отражения и, как следствие, состояние избыточной устойчивости.

Таким образом, в работе выявлены функциональные системы психической самоорганизации в виде различных форм блока обратной связи базальных эмоций, сопровождающихся ригидными формами реагирования.

#### Литература:

- Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональных систем. – Москва : Наука, 1980. – 197 с.
- Бехтерева Н.П. Магия мозга. – Москва : Астрель, 2013. – 384 с.
- Болдырев А.И. Психические особенности больных эпилепсией. – Москва : Медицина, 2000. – 370 с.
- Волов В.В. Методология функциональных систем психической самоорганизации // Известия самарского научного центра РАН. Специальный выпуск. Актуальные проблемы психологии. – Самара, 2008. – С. 44–48.
- Волов В.В. Волов В.В. Особенности эмоциональной системы реагирования в условиях пароксизмального мозга // Сибирский психологический журнал. – 2015. – № 56. – С. 122–137. doi: 10.17223/17267080/56/10
- Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – Москва : Физматлит, 2010. – 558 с. ISBN 978-5-9221-0524-8
- Залевский Г.В. Психическая ригидность в норме и патологии. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1993. – 271 с. ISBN 5-7511-0593-1
- Залевский Г.В., Роговин М.С. Фиксированные формы поведения и их значение для неврологической и психиатрической клиники. Сообщение 2. Ригидность // Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 1970. – Т. LXX. – Вып. 9. – С. 1404–1417.
- Изард К.Э. Психология эмоций. – Санкт-Петербург : Питер, 2012. – 464 с. ISBN 978-5-314-00067-0
- Ильин С.П. Психология эмоций. – Санкт-Петербург : Питер, 2012. – 783 с.
- Лебединский В.В., Никольская О.С. Баенская Е.Р. и др. Эмоциональные нарушения в детском возрасте. – Москва : Изд-во Московского университета, 1990. – 198 с.
- Лурия А.Р. Лекции по общей психологии. – Санкт-Петербург : Питер, 2007. – 112 с.
- Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. – Москва : Гос. изд-во техн.-теоретической лит-ры, 1950. – 472 с.
- Мартин Н., Ингленд Дж. Математическая теория энтропии. – Москва : Мир, 1988. – 354 с.
- Пригожин И. Термодинамическая теория структуры. – Москва : Мир, 1973. – 280 с.
- Русалова М.Н. Экспериментальные исследования. – Москва, 1979. – 179 с.
- Симонов П.В. Избранные труды. В 2 т. Т. 1. Мозг: эмоции, потребности, поведение. – Москва : Наука, 2004. – 438 с. ISBN 5-02-033053-1
- Хомская Е.Д. Мозг и эмоции. – Москва, 1992. – 192 с.
- Meltyff, A.N., & Gopnik, A. (1993) The role of imitation in understanding persons and developing a theory of mind. Understanding other minds: perspectives from autism. Oxford.
- Volov, V.T., & Volov, V.V. Investigation of functional systems of the psychic self-organization based on the method of basal matrix. Cornell university library. Neurons and Cognition (q-bio.NC) Cite as: arXiv:1510.02679 [q-bio.NC] (Submitted on 9 Oct 2015).

## References:

- Anokhin, P.K. (1980) Nodal questions of functional systems theory. Moscow, Nauka, 197.
- Bekhtereva, N.P. (2013) The magic of the brain. Moscow, Astrel, 384.
- Boldyrev, A.I. (2000) Mental characteristics of patients with epilepsy. Moscow, Meditsina, 370.
- Gantmakher, F.R. (2010) The theory of matrices. Moscow, FIZMATLIT, 558. ISBN 978-5-9221-0524-8
- Izard, K.E. (2012) Psychology of emotions. St. Petersburg, Piter, 464. ISBN 978-5-314-00067-0
- Ilyin, S.P. (2012) Psychology of emotions. St. Petersburg, Piter, 783.
- Khomskaya, E.D. (1992) The brain and emotion. Moscow, 192.
- Lebedinskiy, V., Nicholas, O., & Baenskaya E.R. et al. (1990) Emotional disorders in childhood. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo Universiteta, 198.
- Luria, A.R. (2007) Lectures on general psychology. St. Petersburg, Piter, 112.
- Lyapunov, A.M. (1950) The general issues of motion stability. Moscow, Gosudarstvennoe Izdatel'stvo tehniko-theoreticheskoy literatury, 472.
- Martin, H., & England, J. (1988) The mathematical theory of entropy. Moscow, Mir, 354.
- Meltyff, A.N., & Gopnik, A. (1993) The role of imitation in understanding persons and developing a theory of mind. *Understanding other minds: perspectives from autism*. Oxford.
- Prigogine, I. (1973) Thermodynamic Theory of Structure. Moscow, Mir, 280.
- Rusalova, M.N. (1979) Experimental studies. Moscow, 179.
- Simonov, P.V. (2004) Selected works. In 2 vols. Vol. 1. [*Mozg: emotsii, potrebnosti, potrebnosti, povedenie*]. Moscow, Nauka, 438. ISBN 5-02-033053-1
- Volov, V.T., & Volov, V.V. Investigation of functional systems of the psychic self-organization based on the method of basal matrix. *Cornell university library. Neurons and Cognition* (q-bio.NC) Cite as: arXiv:1510.02679 [q-bio.NC] (Submitted on 9 Oct 2015).
- Volov, V.V. (2008) Methodology for functional systems of psychic self. [*Izvestiya samarskogo nauchnogo tsentra RAN. Spetsial'nyy vypusk. Aktual'nye problemy psikhologii*]. Samara, 44-48
- Volov, V.V. (2015) Features of emotional response system in a paroxysmal brain. [*Sibirskiy psikhologicheskii zhurnal*]. 56, 122-137. doi: 10.17223/17267080/56/10
- Zalevskiy, G.V. (1993) Mental rigidity in health and disease. Tomsk, Izdatel'stvo Tomskogo Universiteta, 271. ISBN 5-7511-0593-1
- Zalevskiy, G.V., & Rogovin, M.S. (1970) Fixed forms of behaviour and their implications for neurological and psychiatric clinics. Report 2. Rigidity. [*Zhurnal Neyropatologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova*]. Vol. LXX. Vol. 9, 1404-1417.