

# НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

А.Н. Лебедев

## ЕДИНИЦЫ ВНУТРЕННЕГО МИРА ЧЕЛОВЕКА

Институт психологии РАН, г. Москва

Для многих естественна мысль о дискретности мира. Например, единицами мира служат атомы и молекулы. Внутренний, субъективный мир человека также дискретен. С самого рождения экспериментальной психологии была объявлена ее главная задача – выявить элементы внутреннего мира. Многие обратились к нейрофизиологическим показателям психических процессов, и в результате были найдены предпосылки для расшифровки тонкой структуры объективно существующих элементарных единиц психики человека. Б.Ф. Ломов, осознавая важность синтеза физиологических и психологических знаний, объединил 30 лет назад в Институте психологии РАН специалистов разных профилей, от физиологии клетки до инженерной и социальной психологии. Здесь в основном и была проверена в опытах наша гипотеза, вытекающая из данных М.Н. Ливанова [1–4] о пространственно-временной организации периодических процессов мозга. Есть немало веских оснований предполагать, что единицами внутреннего мира человека служат пакеты незатухающих волн согласованной нейронной активности [3, 5, 6]. Частота ( $F$ ) волн, доминирующих у человека, известна: в среднем – около 10 Гц, в общем – от 8 до 13 Гц. Это альфа-волны, названные так первооткрывателем Гансом Бергером [7]. Если периоды или фазы колебаний различаются меньше чем на 10 %, то такие колебания объединяются, стягиваются вместе, становятся неразличимыми по фазе и частоте. В спектре мощности появляется провал между двумя вершинами. Величина критической разности ( $R = 0.1$ ) была впервые вычислена М.Н. Ливановым [1, 2, 4], и также был определен ее разброс, примерно от 0.05 до 0.15 относительно длительности периода колебаний. Поэтому в течение отрезка времени, равного периоду колебаний, можно наблюдать не более  $N = 1/R - 1$  устойчиво различающихся по фазе волн нейронной активности. Таков типичный размер алфавита из 9 нейронных букв, т.е. самых простых единиц внутреннего мира человека. Имеет значение только число разных фаз, т.е. фронтов синхронных импульсных разрядов в течение одного периода

колебаний. Для сравнения, кириллица содержит 33 буквы. Алфавит «букв» генетического кода – всего четыре молекулы. Каждая нейронная буква порождается активностью определенной группы клеток. Одна такая группа активируется вслед за другой с промежутком не менее чем  $R/F$ , в течение которого снижена возбудимость нейрона после очередного импульса. Цепочка из последовательно возбуждаемых нейронных групп за один период длительностью  $1/F$  образует «нейронное слово». Число «нейронных слов» ( $C$ ) велико, но оно не более числа комбинаций ( $C = N^{**}N$ ), где двойная звездочка означает возведение в степень. Символ  $N$  в основании степени – это разнообразие, т.е. размер алфавита нейронных букв (своеобразных атомов – мельчайших единиц), а в показателе – число таких букв, не обязательно разных, в составе одного нейронного слова. Ансамбль из нейронов, порождающий своей активностью определенное, специфичное для него «слово», – более крупная (подобная молекуле) единица внутреннего мира. Нейроны, образующие ансамбль, размещаются в разных центральных структурах. Вероятно, нейроны, образующие своей активностью первую по порядку букву в составе слова, размещаются преимущественно в древних ретикулярных структурах ствола мозга. Чем позже в микроинтервалах времени возникает каждая следующая буква в составе слова, тем больше нейронов из состава филогенетически более поздно развивающихся структур поддерживают ее генерацию. Биогенетический закон проявляется здесь, как и повсюду. Легко допустить, что только немногие из множества возможных нейронных слов, образов и планов, единиц внутреннего мира осознаются, находясь в фокусе внимания. Это те «слова», которые обеспечены в конкретный момент времени активностью наибольшего числа нейронов, вовлеченных в согласованную активность. В задачах измерения объема памяти их число ( $M$ ) пропорционально размеру алфавита ( $A$ ) запоминаемых стимулов с коэффициентом пропорциональности ( $k$ ), отражающим уровень внимания испытуемого, а именно  $M = kA$ . Если  $k = 1$ ,

то концентрация внимания наивысшая. Если  $k = N$ , то концентрация наименьшая, внимание рассеяно. Каждый из элементов заданного алфавита ( $A$ ) может вовлечь в активность, по ассоциации, некое число других элементов, не превышающее объема оперативной памяти ( $N$ ), называемой также кратковременной, рабочей. В среднем можно принять, что  $k = (N + 1)/2$ . При таком допущении, с учетом всех комбинаций ( $C = M^{**}N$ ), находим искомую гипотетическую связь объема оперативной памяти ( $N$ ), объема долговременной памяти ( $C$ ) и объема внимания ( $M$ ):

$$N = \ln(C)/\ln(M), \quad (1)$$

где  $\ln$  – знак логарифма,  $M = A(N + 1)/2$ ,  $A$  – размер алфавита стимулов, двойная звездочка – возведение в степень. Производным от формулы (1) уравнением служит равенство (2). Оно предсказывает новый для психологов феномен – зависимость объема памяти ( $N$ ) на стимулы, образуемые комбинацией признаков, таких, например, как форма, цвет, размер геометрических фигур от объемов памяти  $N_1, N_2, N_3, \dots$  на стимулы, различающиеся друг от друга только по одному указанному признаку,

$$1/N_c = 1/N_1 + 1/N_2 + 1/N_3. \quad (2)$$

Далее, мы предположили, что «нейронные слова» многократно дублируются. Сколько независимых частот, столько и дублей. Из-за небольшой разности периодов ( $R = 0.1$ ) возникают биения. Гребни разночастотных волн периодически то плавно совпадают, то расходятся. Период биений ( $T$ ) самых близких по частоте колебаний можно рассчитать:  $T = 1/(FR)$ . Биения проявляются в виде медленных подъемов и спадов амплитуды регулярных колебаний, так называемых веретен альфа-ритма, длительностью около одной секунды. Стимулы предъявляются обычно независимо от колебаний нейронной активности. Если момент предъявления стимула совпадает случайно с состоянием максимальной возбудимости соответствующих ему ансамблей – разночастотных нейронных слов, то такой стимул опознается без дополнительной задержки. Минимальная длительность задержки равна нулю, и она имеет место с вероятностью  $p = (1-R)/M$ , где  $M$  – число равноождаемых стимулов, вернее, образов этих стимулов. При несовпадении возникает задержка опознания. Она измеряется от момента предъявления стимула до ближайшего момента повышенной возбудимости нейронов соответствующего ансамбля. При числе  $M$  разных известных испытуемому стимулов максимальная длительность  $T_{\max}$  задержки после предъявления одного из них равна  $T_{\max} = T(1-p)$ , а ее средняя длительность  $T_{\text{ав}} = T(1-p)/2$ . Произведение вероятности нену-

левой задержки  $(1-p)$  на ее среднюю длительность ( $T_{\text{ав}}$ ) дает среднее время  $t(M)$ , необходимое для выбора соответствующего образа из числа ожидаемых стимулов ( $M$ ):

$$t(M) = (T/2) * (1 - (1-R)/M)^{**}2, \quad (3)$$

где двойная звездочка – знак возведения в степень. При расчете это время суммируется с несократимой задержкой, связанной с формированием разных компонентов ответной реакции. Так, переменное число перцептивных альтернатив ( $M$ ) от 2 до 64 (см. ниже) может сочетаться с постоянным выбором только одного из двух движений, также требующим некоторого времени, вычисляемого по той же формуле (3) с подстановкой в нее искомого числа  $M$  в данном случае моторных альтернатив. Нейронные слова образуются под влиянием поступающих из внешнего мира сигналов. Другой источник – взаимодействие существующих ансамблей – нейронных слов. Ансамбли конкурируют, вытесняют друг друга, отчасти теряя свои нейроны, или объединяются, видоизменяясь, порождая новые кодовые слова. Так объясняется творчество. Повторяющаяся активность одних и тех же «нейронных слов» изменяет синапсы, т.е. контакты между образующими их нейронами. Формируются векторы из синапсов с разной проводимостью. Синаптические векторы составляют, по Е.Н. Соколову [8], основу субъективного пространства. После проторения связей нейронные волны, образующие слова, могут восстанавливаться в прежнем порядке вслед за временным падением (пусть даже и продолжительным) амплитуды их колебаний по тем или иным причинам. Такова наша гипотеза, ранее обоснованная опытными данными о связи импульсации нейронов с волнами вызванных потенциалов электроэнцефалограммы [3, 5, 9] и с отчетами испытуемых о своих переживаниях [10, 11]. В психологические формулы впервые включены физиологические константы. Одна из них названа нами константой Бергера ( $F = 10$  Гц), другая – константой М.Н. Ливанова ( $R = 0.1$ ). Уже говорилось, что у разных испытуемых частота доминирующего ритма также разная, от 8 до 13 Гц, и константа М.Н. Ливанова со средним значением 0.1 также была определена автором в диапазоне от 0.05 до 0.15. Средние значения обеих электрофизиологических величин мы использовали в качестве констант для прогноза психологических показателей, а именно объема кратковременной памяти и скрытого времени реакций выбора в зависимости от переменного числа альтернативных стимулов и действий.

### Цель исследования

Гипотеза о циклических нейронных кодах внутреннего мира имеет отношение к двум старинным и трудным задачам психологии. Первая

касается объема оперативной памяти, вторая – скорости обработки информации. Объем, по Миллеру [12], не зависит от размера алфавита стимулов, а скорость, по Хику [13], зависит от размера, но в очень узком диапазоне, при размере алфавита не более 8–10 единиц. Заметим, что правило Миллера и закон Хика никак не связаны между собой. В этом отношении уровень современной психологии можно сравнить с уровнем развития физики в доньютоновские времена Галилея и Кеплера. Возникла новая цель – с учетом накопленных нейрофизиологических данных количественно объяснить загадочные психологические феномены, их связь между собой, предсказать существование новых зависимостей, разработать теорию, пригодную для решения практических задач и создания затем искусственного интеллекта, превосходящего человеческого. Развивающаяся международная сеть компьютеров со временем уподобится нейронной сети по алгоритмам своего функционирования, и на этой базе возникнет гигантский планетарный разум, способный к творчеству и далекому предвидению событий.

## Методы

Для оценки нейрофизиологических параметров использовали записи электрической активности мозга – электроэнцефалограмму (ЭЭГ) в шести пунктах, билатерально симметричных лобных, центральных и затылочных зонах, в отведениях F3, F4, C3, C4, O1, O2 по известной Международной системе 10/20. Отведения монополярные с индифферентным электродом, размещенным в зоне левого сосцевидного отростка. Запись производили в состоянии полного покоя испытуемого, при закрытых глазах, в положении кучера, т.е. сидя, в продолжение примерно 10 мин. Частота съема потенциалов – 100 за секунду. Оценку объема оперативной памяти и скорости обработки информации производили, предъявляя испытуемому на экране компьютера в первом случае строки из случайно подобранных символов (цифр, букв или слогов), а во втором – одиночные символы. В первом случае измеряли число правильно воспроизведенных символов в строке – объем памяти, во втором – скрытое время реакции в миллисекундах. При измерении объема в случае любой ошибки длина строки сокращалась, при трехкратном подряд правильном воспроизведении разных строк длина следующей строки увеличивалась на единицу. Каждая строка предъявлялась на время не более 6 с. Предъявление прекращалось раньше, если испытуемый приступал к вводу символов, не дожидаясь гашения строки. Часть опытов по измерению объема памяти выполняли,

предъявляя испытуемому карточки с изображением ряда элементов, цифр, букв, слогов или геометрических фигур. При измерении времени реакции испытуемый предварительно запоминал алфавит равновозможных стимулов и условие ответной реакции. При появлении, например, нечетной цифры испытуемый нажимал как можно быстрее на одну из клавиш компьютера, а при предъявлении четной цифры – на другую. Моторный выбор был равен двум. Размер алфавита стимулов в разных опытах у одного и того же испытуемого изменялся от одного (простая сенсомоторная реакция, без выбора) до 64 (реакция выбора). Использовали оригинальные авторские программы предъявления стимулов и обработки результатов измерений. При обработке ЭЭГ применяли алгоритм быстрого преобразования Фурье. Эпоха анализа 5 с, что обеспечивало разрешение по оси частот 0.2 Гц. Кроме того, оценивали частоту совпадений по фазе колебаний в разных отведениях, частоту пересечения средней линии, рассчитывали частоту доминирующих колебаний в полосе альфа-ритма (8–13 Гц), длительность одиночных веретен альфа-ритма, т.е. плавных волнообразных подъемов и спадов регулярных альфа-колебаний.

## Результаты

Анализ записей ЭЭГ большого числа испытуемых показал, что доминирующая частота альфа-ритма у взрослых испытуемых равна чаще всего 10.3–10.4 Гц, а максимальная длительность (Т) одиночных веретен альфа-ритма составляет 1 с, тогда как средняя длительность веретен 0.65 с, а минимальная – 0.3 с [14].

Гипотезу о зависимости объема оперативной памяти от размера алфавита стимулов мы проверяли в разнообразных опытах вместе с нашими сотрудниками А.В. Маркиной, Н.А. Скопинцевой, Л.П. Бычковой, Т.С. Князевой, О. Ж. Кондратьевой, Г.В. Котковой, И.Ю. Мышкиным, М.Н. Сыреновым, С.А. Мариновым и др. В табл. 1 представлены результаты сравнения объема кратковременной памяти, вычисленного по уравнению (1) и полученного в указанных опытах с участием нескольких десятков испытуемых.

Видно, что при изменении алфавита стимулов от 2 до 3 700 объемы памяти сокращались от 9.7 до 2.6 элементов, а вычисленные по формуле (1) объемы сокращались примерно в том же диапазоне от 8.7 до 2.3 отклоняясь в среднем меньше чем на 11 %. Для психологических измерений это высокая точность. Объем кратковременной памяти функционально зависит от размера алфавита запоминаемых элементов: чем больше размер (А) алфавита запоминаемых стимулов, тем меньше объем (Н) кратковременной памяти. Стоит заме-

Таблица 1

Зависимость объема кратковременной памяти ( $N$ ) от размера алфавита ( $A$ )  
запоминаемых стимулов, рассчитанная по уравнению (1) и в опыте

| Алфавит         |        | Объем памяти |         |           | Число<br>испытуемых |
|-----------------|--------|--------------|---------|-----------|---------------------|
| элементы        | размер | расчет       | опыт    |           |                     |
|                 |        |              | среднее | ст. откл. |                     |
| Цифры           | 2      | 8.7          | 9.7     | 1.1       | 32                  |
| Цифры           | 10     | 5.6          | 6.3     | 1.2       | 96                  |
| Буквы русские   | 33     | 4.4          | 5.2     | 1.4       | 29                  |
| Буквы латинские | 26     | 4.6          | 4.3     | 0.9       | 27                  |
| Слоги русские   | 3700   | 2.3          | 2.6     | 0.5       | 7                   |

Таблица 2

Объем кратковременной памяти на бинарные стимулы ( $A=2$ ) и стимулы,  
образованные комбинацией из трех бинарных признаков

| Стимулы              | Объем  |         |           |
|----------------------|--------|---------|-----------|
| Бинарные признаки    | расчет | среднее | ст. откл. |
| Форма                | —      | 9.66    | 1.18      |
| Размер               | —      | 9.84    | 1.00      |
| Цвет                 | —      | 9.71    | 1.22      |
| Комбинация признаков | 3.25   | 3.02    | 0.61      |

тить, что уравнение (1) решается способом многократных итераций с первоначальной подстановкой в него приближенного искомого значения ( $N$ ), например, равного семи элементам, согласно правилу Миллера [12]. Предположение о функциональной зависимости объема оперативной памяти от размера алфавита стимулов проверили в опытах с многомерными стимулами, образованными комбинацией ортогональных признаков. В наших опытах, выполненных с участием Н.А. Скопинцевой и Л.П. Бычковой, признаками служили форма, размер и цвет изображений прямоугольников. Каждый признак имел всего две градации. Стимулами служили геометрические фигуры. Это были, например, только квадраты всего двух градаций по размеру. Или это были квадраты, одинаковые по размеру, но разные по цвету, черные или зеленые, т.е. также бинарные. Или это были круги и квадраты одного цвета и размера. Наконец, запоминаемые строки были образованы комбинацией перечисленных признаков. Первоначальное число стимулов в строке, следующих в случайном порядке, было равно девяти. После ряда безошибочных воспроизведений длина строки увеличивалась на один элемент, а после ошибочных сокращалась на один элемент, как указано выше в разделе «Методы». В табл. 2 соответствующие опытные данные и результаты расчета по формуле (2) для группы из 32 испытуемых.

Вычисленное значение объема (3.25) отличается от опытного (3.02) не больше чем на 8 %. Ранее наш сотрудник М.Н. Сыренов из Горно-Алтайска с высокой точностью рассчитал по формуле (2) объемы памяти на композиции из шахматных фигур. Заметим, что по формуле (1) объем для бинарных стимулов равен 8.7 элемента, а для комбинированных стимулов ( $A = 8$ ) он равен 5.9 единицам. Имеет место расхождение в 11 % и 200 % соответственно. Последнее, грубое, расхождение объясняется несформированностью единиц памяти для непривычных геометрических фигур, как это было в наших опытах. Можно предсказать, что тренировка в запоминании комбинированных элементов увеличит объем памяти с 3.02 единиц до теоретически вычисленного значения 5.9 единиц. Обучение необходимо для образования новых единиц памяти. Было бы интересно выполнить такие опыты и проверить прогноз. Соответственно, тренировка способна увеличить объем памяти также и на бинарные стимулы, согласно расчету по формуле (1), вплоть до 20–25 элементов, поскольку коэффициент пропорциональности ( $k$ ) в формуле (1) в результате тренировки способен сократиться до своего минимального значения, равного единице, что соответствует максимальной концентрации внимания испытуемого. И в самом деле, после продолжительной тренировки указанный максимум объема для бинарных стимулов достигался [12].

Таблица 3

Зависимость скрытого времени (мс) реакции выбора от числа равновозможных стимулов  
в опыте и по расчету

| Число | Опыт | Расчет | Разность, % |
|-------|------|--------|-------------|
| 1     | 236  | 201    | 17          |
| 2     | 437  | —      | —           |
| 4     | 620  | 608    | 2           |
| 10    | 693  | 710    | 2           |
| 16    | 697  | 739    | 6           |
| 32    | 773  | 763    | 1           |
| 64    | 767  | 775    | 1           |

Уравнение (3), выражающее зависимость переменной части скрытого времени реакции выбора от размера алфавита стимулов, было проверено в опытах Б.Г. Бовина с 12 испытуемыми. Стимулами служили равновероятные стимулы: знаки «+» или «-», изображения четырех карточных мастей, десяти арабских цифр, 16 букв латинского алфавита, 32 букв русского алфавита и смеси из перечисленных изображений. Ровно половина сигналов из каждого множества требовала нажатий на одну кнопку, другая половина – на вторую. С учетом ЭЭГ данных и скрытого времени реакции (437 мс) при двух перцептивных и двух моторных альтернативах мы рассчитали значение параметра  $T = 904$  мс и величину несократимой части скрытого периода (201 мс). Оба значения использовали для прогноза скрытого времени реакции выбора при прочих наборах альтернативных стимулов. С учетом формулы (3) рассчитали время, необходимое для перцептивного выбора ( $M = 2, 4 \dots 32, 64$ ) и моторного выбора ( $M = 2$ ) при значении ( $R = 0.1$ ) константы М.Н. Ливанова. Например, при 4 перцептивных и двух моторных альтернативах вычисленное время равно

$$201 + 452(1 - 0.9/4)^{**2} + 452(1 - 0.9/2)^{**2} = 608 \text{ мс,}$$

а при 64 перцептивных и двух моторных альтернативах искомое скрытое время равно

$$201 + 452(1 - 0.9/64)^{**2} + 452(1 - 0.9/2)^{**2} = 775 \text{ мс.}$$

Двойная звездочка означает возведение в степень. Опытные данные, усредненные по всем испытуемым, и результаты расчета показаны в табл. 3.

Точность прогноза скрытого времени реакции выбора высокая. В этих опытах предъявляли один стимул из нескольких равновозможных. Обобщением уравнения (3) служит формула, позволяющая вычислять скорость ментальных операций при числе ( $K$ ) одновременно воспринимаемых стимулов с такой же высокой точностью. Эта и другие формулы, производные от уравнений (1) и (3) объяснили особенности гармонического распределения слов в текстах, ошибок восприятия, точности и вероятности субъективных оценок и действий [15, 16].

### Обсуждение результатов

Гипотеза о пакетах нейронных волн, единицах внутреннего мира человека, позволила впервые количественно объяснить принципиально важные психологические явления, предсказать существование новых феноменов – зависимости объема кратковременной памяти от размера алфавита запоминаемых стимулов, зависимости объема кратковременной памяти на комбинацию признаков от объемов памяти на каждый из признаков в отдельности и зависимости времени выбора от числа альтернатив в широком диапазоне стимульных алфавитных размеров. Нейронные волны – результат согласованной активности множества клеток мозга. Волны активности устойчивы и способны к хранению информации, что не исключает возможности также и синаптического, т.е. структурного хранения. По-видимому, существует некий общий механизм, раскрывающий связь пространственного кодирования [8] элементов внутреннего мира человека в виде набора синаптических проводимостей с временными, циклически повторяющимися нейронными кодами. Представление о циклических кодах не отвергает синаптическую гипотезу, хотя ее недостаточность и показана в экспериментах на животных [17]. Несомненно, именно циклическая активность нейронных ансамблей влияет на изменение межнейронных связей после прекращения стимуляции. Напрашивается предположение о том, что постоянство значений константы М.Н. Ливанова, обеспечивающей постоянство величины скачков фаз и периодов колебаний при разной их длительности, служит основной причиной сохранения циклических кодов в экстремальных условиях, например при замедлении метаболизма и замедлении ритмичной деятельности нейронов вследствие охлаждения мозга вплоть до полной остановки активности. Ее восстановление происходит также не хаотически. Фазовые соотношения восстанавливаются в прежнем порядке. Для наглядности возьмем простой пример. При плав-

ном замедлении хода поезда вплоть до его остановки и последующем затем движении фазовые соотношения между позициями какой-либо метки на колесах всех вагонов восстанавливаются с высокой точностью. Похожим образом восстанавливаются циклы нейронной активности, тесно связанные с метаболизмом нейронов. Еще один простой пример. Если дыхание остановилось на вдохе или, напротив, выдохе, то оно и восстанавливается, начиная с соответствующей вполне определенной, той же самой, но отнюдь не случайной фазы цикла. Ничто не мешает устойчивости фазовых соотношений, выражающих временную структуру нейронного кода до тех пор, пока число согласованно пульсирующих нейронов выше критической величины, около 100–300 нейронов [5, 6]. При этом импульсы отдельных нейронов выглядят хаотическими. Нейроны могут замолкать, выключаться, включаться и функционировать попеременно в составе разных ансамблей, т.е. в составе разных единиц памяти. Важно постоянство волнового узора, порождаемого их суммарной активностью. Известный факт многообразия нейронов по функциям, размерам и числу связей также согласуется с гипотезой о циклических нейронных кодах. Можно представить, например, что первые по порядку волны импульсации, порождаемые какой-либо группой нейронов в составе определенного ансамбля, обусловлены активностью нейронов, размещенных преимущественно в древних ретикулярных структурах, следующие связаны с вовлечением нейронов старой коры, гиппокампа, поздние волны обусловлены активностью нейронов новой коры. Но при этом, при всем мыслимом многообразии элементов, все без исключения нейроны со связанной активностью в составе одного и того же ансамбля образуют определенную единицу внутреннего мира человека. Изменения циклической активности нейронов, прежде всего обусловленные стимулами, первичны, а изменения проводимостей нейронных мембран вторичны. Пространственные структурные коды являются функцией нейронных циклических кодов. Найти предполагаемую функцию – одна из наших задач. Ничто не мешает нейронным ансамблям пульсировать постоянно, подобно пейсмекерным нейронам сердца или дыхательного центра, в течение всей жизни инди-

вида, вовлекая в свои ритмы в общем переменное число нейронов. Значения констант, характеризующих нейронные коды, вместе с другими параметрами биоэлектрической активности мы используем сейчас с сотрудниками лаборатории когнитивной психофизиологии и нашими внештатными сотрудниками Б.Г. Бовиным, И.Ю. Мышкиным, И.К. Шеховцевым, О.И. Артеменко, Е.И. Киселевой, Ю.Н. Белеховым и другими для индивидуальной оценки довольно большого ряда тонких психологических особенностей личности и состояний человека, однако содержание текущих исследований заслуживает отдельной публикации. Заметим, наконец, что индивидуальная устойчивость константы Г. Бергера – частоты доминирующего альфа-ритма в широких возрастных границах, примерно от 20 до 60 лет, – давно известна. Вместе с тем создается впечатление, что константа М.Н. Ливанова меньше зависит от индивидуального склада личности сравнительно с константой Ганса Бергера. Это предположение требует последующей экспериментальной проверки.

### Заключение

Согласно нашей гипотезе, развивающей представления М.Н. Ливанова [4] и его школы о пространственно-временной организации периодических процессов мозга и проверенной в опытах, внутренний мир человека закодирован когерентными волнами активности центральных нейронов коры и подкорковых структур. Две нейрофизиологические константы включены в формулы для расчета показателей скорости и быстродействия памяти. Найдены более точные психологические закономерности сравнительно с известными до сих пор. Вслед за физикой, химией и генетикой психология становится фундаментальной наукой со своими особыми единицами, законами и константами. Наше исследование – одно из многих на трудном, но весьма заманчивом и перспективном пути.

Данная работа поддержана грантами:

1) грант РФФИ № 00-06-00054а (2000–2002 гг.)

«Определение объема и быстродействия кратковременной памяти по параметрам электроэнцефалограммы»;

2) грант РФФИ № 00-06-80055а (2000–2002 гг.)

«Поиск кодов памяти в единичных реализациях ЭЭГ».

### Литература

1. Ливанов М.Н. Анализ биоэлектрических колебаний в коре головного мозга у кролика // Сов. невропатология, психиатрия и психогигиена. 1934. Т. 3. Вып. 11–12.
2. Ливанов М.Н. О неравномерном развитии некоторых частотных процессов, слагающих электроцереброграмму, и о ритме Бергера // Физиол. журн. СССР им. И.М. Сеченова. 1940. Т. 28. Вып. 2–3.
3. Ливанов М.Н. Торможение в нейронных системах головного мозга // Рефлексы головного мозга. М., 1965.
4. Ливанов М.Н. Избранные труды. М., 1989.
5. Забродин Ю.М., Лебедев А.Н. Психофизиология и психофизика / Под ред. М.Н. Ливанова и Б.Ф. Ломова. М., 1977.



6. Лебедев А.Н., Луцкий В.А. Ритмы электроэнцефалограммы – результат взаимосвязанных колебательных нейронных процессов // *Биофизика*. 1972. Т. 17. Вып. 3.
7. Бергер Г. Электроэнцефалограмма человека // *Успехи современной биологии*. 1933. Т. 26. Вып. 3.
8. Соколов Е.Н., Вайткявичус Г.Г. Нейроинтеллект. От нейрона к нейрокompьютеру. М., 1989.
9. Lebedev A.N. et al. The wave model of memory // *Neurocomputers and attention*. V.1. Neurobiology, synchronisation and chaos / Eds. A.V. Holden and V.I. Kryukov. Manchester, 1990.
10. Бехтерева Н.П. Здоровый и больной мозг человека. Л., 1980.
11. Jarvilehto T. A new combination of methods for the study of neural mechanisms of mental activity // *Soviet-Finnish symposium on psychophysiology* / Ed. by T. Jarvilehto and oth. Publication of the Finnish-Soviet Committee on Scientific-Technological Cooperation. 1982. № 1.
12. Miller G.A. The magical number seven: plus or minus two. Some limits on our capacity for processing information // *Psychol. Rev.* 1956. № 63.
13. Hick W.E. On the rate of gate of information // *Quart. J. Exp. Psychol.* 1952. V. 4.
14. Маркина А.В. и др. Связь параметров альфа-ритма с объемом кратковременной памяти // *Психол. журн.* 1987. Т. 16. № 2.
15. Lebedev A.N. The way from Weber's constant to laws of cognitive psychology // *Synergie, Syntropie, Nichtlineare Systeme*. Heft 6. Leipzig, 2000.
16. Lebedev A.N. The oscillatory mechanisms of memory // *Cognitive Processing, International Quarterly of Cognitive Sciences*. 2001. V. 2.
17. Шульгина Г.И. Основные принципы системной организации нейронов головного мозга при обработке, фиксации и воспроизведении информации // *Нейрокompьютер как основа мыслящих ЭВМ*. М., 1993.

*В.И. Мясников, С.И. Степанова*

## **ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ПСИХИЧЕСКОЙ АСТЕНИЗАЦИИ У КОСМОНАВТОВ В ДЛИТЕЛЬНОМ ПОЛЕТЕ**

Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва

В длительном полете существуют предпосылки развития эмоционального хронического стресса, обусловленные экстремальным характером условий полета. Его источниками служат: тревожное ожидание внезапных осложнений, обусловленных средовыми или техническими причинами; необходимость сохранения высокой операторской бдительности с тщательным мысленным «проигрыванием» предстоящих профессиональных операций, особенно тех, которые имеют отношение к безопасности полета; постоянный контроль за работой технических систем космического объекта при сохранении «сторожевых пунктов», обеспечивающих слуховой контакт с окружающей обстановкой даже во время сна.

На этом фоне действует ряд дополнительных факторов, усиливающих эмоциональную напряженность. Эпизодические отказы технических систем обостряют чувство риска в связи с уменьшением доверия к технике по мере использования ее эксплуатационного ресурса. Необходимость выполнения ремонтно-восстановительных работ во внеурочное время (в том числе ночью и в выходные дни) за счет отказа от плановых заданий, нарушений ритма сна-бодрствования, распорядка питания и сокращения личного времени приводит к развитию психофизиологического дискомфорта, одним из проявлений которого может быть подчеркнуто выраженное чувство усталости. Частые технические неполадки могут

породить у членов экипажа тревогу за исход полета и обостренное переживание ответственности за его успешное завершение.

Источниками эмоционального напряжения в полете могут быть также плановые ночные работы, сопровождающиеся нарушением привычного ритма сна-бодрствования; переживания, сопутствующие ошибочным действиям членов экипажа или операторов наземных служб обеспечения полета; неравномерная рабочая нагрузка экипажа в ходе полета с эпизодами недогрузки и традиционной перегруженностью заключительного этапа полета; дефицит времени, периодически возникающий на различных этапах полета; проявления авторитарного стиля общения с экипажем со стороны представителей руководства полетом. Сюда же относятся трудности, связанные с длительным поддержанием устойчивых положительных взаимоотношений членов малой группы, находящейся в замкнутом помещении ограниченного объема.

Как показывает опыт пилотируемых полетов, в условиях действия этих факторов наблюдаются такие негативные явления, как снижение качества профессиональной деятельности, повышенная утомляемость, ухудшение сна, развитие депривационных феноменов с переживанием отрыва от привычного физического и социального окружения, неустойчивость настроения, раздражительность, формализация отношений с партнерами по работе (находящимися как на борту корабля, так