

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии

Диагностика
И
прогнозирование
функционального
состояния
МОЗГА
ЧЕЛОВЕКА

Ответственный редактор
профессор
М. Г. АИРАПЕТЯНЦ



МОСКВА «НАУКА» 1988

Авторы:

**М. Н. Ливанов, В. С. Русинов, П. В. Симонов,
М. В. Фролов, О. М. Гриндель, Г. Н. Болдырева,
Е. М. Вакар, В. Г. Волков, Т. А. Королькова,
В. Е. Майорчик, Н. Е. Свицерская**

Диагностика и прогнозирование функционального состояния мозга человека/М. Н. Ливанов, В. С. Русинов, П. В. Симонов и др.—М.: Наука, 1988

ISBN 5—02—005264—7.

Книга посвящена разработке, теоретическому обоснованию и применению на практике в области психофизиологии труда и клинической медицины комплекса методов диагностики и прогнозирования функционального состояния головного мозга человека. В основу положены оригинальные теоретические концепции авторов, подводящие фундаментальную научную базу под комплекс предлагаемых методов, а именно: функциональное значение пространственной синхронизации биоэлектрической активности головного мозга; концепция стационарных очагов возбуждения в центральной нервной системе и их электрофизиологических проявлений; потребностно-информационный подход к генезу эмоционального напряжения; принцип функционирования трехконтурных эргатических систем, учитывающих функциональное состояние «человеческого звена».

Книга представляет интерес для самого широкого круга практиков в сфере научной организации труда, для физиологов, психологов, врач-клиницистов психоневрологического профиля.

Рецензенты:

академик О. Г. ГАЗЕНКО,

член-корреспондент АН СССР, профессор Б. Ф. ЛОМОВ

Д 2007000000—275
042(02)-88 270—88-III

ISBN 5—02—005264—7

© Издательство «Наука», 1988

Ускорение научно-технического прогресса, провозглашенное Коммунистической партией Советского союза в качестве стратегической цели дальнейшего развития нашей страны, предъявляет повышенные требования к роли человеческого фактора в этом процессе. Под человеческим фактором понимается «функционирование человека в системе социальных, экономических, производственных, научно-технических, организационно-управленческих и прочих отношений, всего того, что относится к нему как субъекту деятельности в разных сферах общественной жизни»*. Вот почему такую актуальность приобретает разработка методов объективной количественной оценки влияния деятельности на функциональное состояние работающего человека (напряженность, утомление, монотония, стресс и т. д.), на его здоровье и личность наряду с учетом обратного влияния состояния человека на эффективность его деятельности.

На протяжении последних двух десятилетий представителями ряда лабораторий Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Академии наук СССР в творческом содружестве с сотрудниками Научно-исследовательского института нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко Академии медицинских наук СССР был разработан, теоретически обоснован и применен на практике комплекс методов диагностики и прогнозирования функционального состояния мозга человека применительно к интересам психофизиологии труда и клинической медицины. Предлагаемый комплекс характеризуется следующими принципиальными чертами.

1. В его основу положены оригинальные теоретические концепции авторов, подводящие фундаментальную научную базу под каждый из предлагаемых методов, а именно:

а) функциональное значение пространственной синхронизации биоэлектрической активности головного мозга (М. Н. Ливанов);

б) концепция стационарных очагов возбуждения в центральной нервной системе и их электрофизиологических проявлений (В. С. Русинов);

в) потребностно-информационный подход к генезу эмоционального напряжения (П. В. Симонов);

* О человеке и человеческом факторе: Редакционная статья//Коммунист. 1986. № 7. С. 58.

г) принципы функционирования трехконтурных эргатических систем, учитывающих функциональное состояние «человеческого звена» (М. В. Фролов).

2. Все входящее в комплекс методические приемы не только всесторонне теоретически обоснованы авторами, но и успешно прошли апробацию в условиях реальной производственной деятельности и клинико-диагностической практики. Воспользоваться этими методами для решения своих задач может каждый, кто располагает соответствующей аппаратурой и вычислительной техникой.

3. Применительно к актуальным задачам психофизиологии труда комплекс позволяет контролировать все три ключевых этапа изменений текущего функционального состояния человека, наиболее существенные для эффективности его деятельности. Мы имеем в виду: 1) состояние оптимальной работоспособности с высоким уровнем бдительности и минимальным количеством допускаемых ошибок; 2) утомление с характерными для него снижением уровня бодрствования, дремотой, замедленными реакциями, пропуском значимых сигналов; 3) чрезмерное эмоциональное напряжение, ведущее к дезорганизации деятельности, к преждевременным реакциям, нарастанию ошибок по типу ложных тревог, к избыточным энергетическим тратам.

В заключение отметим еще один существенный момент. В разное время разными авторами из различных стран предлагались разнообразие отдельные приемы оценки функционального состояния мозга человека. Вместе с тем нам неизвестно существование аналогичного предлагаемому *комплекса методов*, позволяющих оценить и прогнозировать разные стороны состояния мозга, наиболее существенные для производственной и медицинско-диагностической практики. Создание такого комплекса стало возможным благодаря использованию современных математических методов, вычислительной техники и средств автоматизации электрофизиологических исследований, инициаторами которых в нашей стране, а в определенных случаях и в мировой науке являются ряд авторов настоящей работы, прежде всего М. Н. Ливанов, В. С. Русинов, О. М. Гриндель. Это обстоятельство еще раз показывает, что вклад физиологии высшей нервной деятельности человека в ускорение научно-технического прогресса в значительной мере определяется научно-техническим прогрессом методического арсенала самой нейрофизиологии головного мозга.

Ниже последовательно излагаются теоретическое обоснование, конкретное описание методов диагностики и прогнозирования функционального состояния мозга человека, результаты практического применения этих методов в психофизиологии труда и клинической медицине. Более подробное освещение всех этих вопросов можно найти в монографиях, диссертациях и статьях авторов, перечень которых прилагается к каждому разделу работы.

Эти материалы многократно докладывались на всесоюзных и международных научных форумах, хорошо известны широкой научной общественности, получили положительную оценку со стороны учреждений прикладного профиля, включались в перечень важнейших достижений Академии наук СССР.

Целый ряд положений настоящей работы может служить предметом дальнейших исследований и внедрения в более широкий круг смежных отраслей науки и практики. Но и полученные к данному времени результаты свидетельствуют о значительном эвристическом потенциале, которым располагает современная физиология высшей нервной деятельности в деле мобилизации возможностей и укрепления здоровья человека — труженика и творца, решающей силы коммунистического созидания.

Список принятых сокращений

АВС — анализатор временного слежения	КТ — компьютерная томография
АКГ — автокоррелограмма	КЧСМ — критическая частота световых мельканий
АОГ — активная окулограмма	МОС — магнитная отклоняющая система
АСФ — фазовая асимметрия саккад	МпКК — межполушарные кросс-корреляционные коэффициенты
АСФ _о — асимметрия саккад по форме	ОС — обратная связь
АЦП — аналого-цифровой преобразователь	ОУ — объект управления
ВДР — векодвигательная реакция	ПСКБ — пространственная синхронизация корковых биопотенциалов
ВП — вызванный потенциал	РП — радиопротекторы (вещества)
ВпКК — внутрислошарные кросс-корреляционные коэффициенты	РЭГ — реоэнцефалограмма
ВС — временной сдвиг	СГ — спектрограмма
Г — средний уровень когерентности	СКУ — специальный контур управления
ИЗПС — имитатор задач преследующего слежения	СУО — система управления с оператором
Кас — коэффициент межполушарной асимметрии синхронности потенциалов	ТБК — термобарокамера
КГР — кожно-гальваническая реакция	УРВ — условная реакция на время
Кгр — коэффициент градиента синхронности в зависимости от расстояния	ФС — фазовый спектр
КК — кросс-корреляционный коэффициент	ЦНС — центральная нервная система
Ккр — коэффициент кросс-корреляции	ЧСС — частота сердечных сокращений
КОГ — когерентность	ЭВМ — электронно-вычислительная машина
Кп/с — коэффициент отношения периодической и случайной составляющих	ЭКГ — электрокардиограмма
КрКГ — кросс-коррелограмма	ЭКоГ — электрокортикограмма
	ЭМГ — электромиограмма
	ЭОГ — электроокулограмма
	ЭСубГ — электросубкортикограмма
	ЭЭГ — электроэнцефалограмма

Пространственная синхронизация
биоэлектрической активности коры головного мозга
как показатель
интеллектуальной работоспособности человека

Проблема оценки интеллектуальной работоспособности человека занимает в настоящее время видное место среди прочих проблем научной организации труда в связи с тем, что научно-технический прогресс значительно увеличил долю и соответственно значение интеллектуального компонента в трудовом процессе. Большое внимание уделяется разработке методов, позволяющих учитывать и прогнозировать эффективность не только физической, но и умственной работы. Использование для этих целей способов оценки описательного характера и даже количественных критериев конечного результата рабочего процесса или отдельных его этапов (например, часто применяемого хронометража операций) недостаточно надежно. Кинематографический или хроноциклографический анализы с разложением отдельных действий человека в процессе его работы и более современные методы, основанные, например, на использовании некоторых идей и приемов теории алгоритмов, теории вероятностной и математической логики (см. обзор Заракковского, 1966), не могут зачастую обеспечить оценку условий рациональной организации труда и использования человеческого фактора в системе «человек — машина». Это связано прежде всего с тем, что такие методы анализа не отражают внутренней организации психофизиологических процессов переработки информации и принятия решения человеком. Стандартный алгоритм работы представляется чисто внешним по отношению к тем явлениям, которые обуславливают ее эффект.

Поведение человека детерминировано не простой суммой воздействующих на него стимулов и ответных реакций. Нелинейность соотношений между результатами психического акта и запускающими его реализацию факторами требует исследования мозговых механизмов переработки информации. Так, совершенно очевидно, например, что одна и та же эффективность производительной работы может быть достигнута за счет различных энергетических затрат. Улучшение результативности деятельности в то же время оправданно лишь тогда, когда оно не сопровождается перенапряжением функций организма, в том числе и мозговых, что может привести к развитию различных патологических состояний: пограничных, астенических и т. д. Не случайно поэтому в настоящее время в некоторых работах выделяют понятия эффективности, продуктивности и успешности деятельно-

сти (см. обзор Даниловой, 1985). Под эффективностью работы понимают конечный формальный ее результат, выражающийся либо числом правильных и ошибочных действий, либо скоростью выполняемых актов. Продуктивность деятельности включает дополнительно фактор «биологической цены» психического акта, т. е. тех усилий мозговых процессов, которые необходимо затратить на осуществление деятельности. Успешность работы связана также с субъективным фактором — состоянием комфорта — дискомфорта при ее выполнении.

Если критерии эффективности деятельности относительно просты, то при определении «биологической цены» психического акта существуют значительные трудности. Они связаны с необходимостью оценки не только структуры выполняемой человеком интеллектуальной деятельности и ее отдельных операций, но и тех мозговых процессов, которые влияют на качество и скорость работы. Таким образом, психофизиологическое исследование деятельности является одной из наиболее важных и трудных задач при решении проблемы увеличения производительности труда. Изучение закономерностей формирования и развития психического отражения деятельности необходимо, так как «деятельность, рассматриваемая безотносительно к субъекту (например, при ее алгоритмическом описании), никакими психологическими характеристиками не обладает. Ими обладает только субъект деятельности» (Ломов, 1984. С. 205).

По современным представлениям деятельность человека детерминируется его психическими состояниями, свойствами и процессами. Эффективность работы как конечный ее результат обусловлена совокупностью этих компонент. Поэтому при оценке степеней работоспособности человека, прогнозирования результатов труда, разработке способов оптимизации умственной работы необходимо учитывать роль перечисленных факторов. Соответственно возникает потребность в тестировании и функционального состояния человека-оператора как условия для успешной реализации деятельности и свойств личности, способствующих выполнению определенной категории работы, и процессуальных характеристик деятельности, имеющих как качественные, так и количественные индивидуальные и типологические особенности.

При оценке всех трех факторов деятельности с помощью объективных критериев наряду с психологическим тестированием необходим, как уже подчеркивалось, анализ интимных мозговых процессов. Среди методов такого анализа значительное место занимают электроэнцефалографические исследования. Фундаментальным принципом, используемым при выборе электрофизиологических коррелятов психических явлений, служит системность организации мозговой деятельности и поведенческих актов. Благодаря его использованию «целостные психические и элементарные нейрофизиологические процессы сопоставляются не прямо, а через системные процессы, объединяющие элементы

в одно целое, в функциональную систему поведенческого акта» (Ломов, 1984. С. 84). Системный подход, развиваемый в теории функциональных систем (Анохин, 1968), теории системной динамической локализации психических функций (Лурия, 1963), концепция пространственной синхронизации электрических мозговых процессов (Ливанов, 1972), «паттернов мультисклеточной активности» (Бехтерева, 1974), позволяет найти конкретные решения множества практически значимых задач, в том числе касающихся условий умственной работоспособности человека.

В настоящей работе для тестирования функциональных возможностей человека (функционального состояния, свойств личности, структуры и динамики интеллектуальной деятельности) предлагается феномен пространственной синхронизации корковых биопотенциалов (ПСКБ). Использование показателей ПСКБ как коррелятов функциональной активности головного мозга, определяющей уровень интеллектуальной работоспособности человека, стало возможным благодаря предварительному изучению в экспериментах на животных ее функциональной значимости.

1. Функциональная значимость ПСКБ

Созданная М. Н. Ливановым концепция пространственно-временной организации биоэлектрических процессов головного мозга (Ливанов, 1959—1984) открыла перспективы использования метода (феномена) ПСКБ для оценки системной мозговой активности. Теоретической базой при разработке этой концепции явились представления А. А. Ухтомского о значении изолабельности мозговых центров для реализации поведенческих актов. Применительно к электрическим явлениям мозга изолабельность, с точки зрения М. Н. Ливанова (1962а, б; 1972), может быть отражена в сопряженности (сходстве) изменений биопотенциалов различных пунктов коры больших полушарий во времени, т. е. в пространственно-временной сонстройке биоэлектрических процессов. Количественной мерой степени сходства потенциалов является величина коэффициента кросс-корреляции (КК) между колебаниями потенциалов, регистрируемыми в разных корковых зонах. Использование этого показателя благодаря тщательной разработке корреляционного анализа как одного из методов математической статистики позволяет получать корректные в отношении статистической значимости результаты.

В 60-х годах в лаборатории М. Н. Ливанова впервые был поставлен вопрос о принципах организации и функциональном значении ПСКБ. В экспериментах на животных получены убедительные доказательства системности происхождения этого электрофизиологического феномена (Ливанов и др., 1964, 1966а, б, 1967; Livanov, 1964). Свойство системности ПСКБ проявляется в том, что в его показателях находят отражение многочисленные влияния как коркового, так и подкоркового уровней. Различные анатомо-функциональные блоки вносят неоднород-

ный вклад в регулирование интенсивности и распределение по коре синхронизации потенциалов. Так, ретикуло-септальная система ответственна за глобальную (по всей коре) синхронизацию потенциалов, а маммилло-таламическая — за локальные сдвиги, связанные с реализацией краткосрочных и специализированных актов (Ливанов, 1981; Livanov, 1979).

Одним из свидетельств системности в организации электрических процессов является взаимосвязь изменений потенциалов различных точек коры больших полушарий во времени. При наблюдении за динамикой синхронизации электрической активности коры больших полушарий, рассматриваемой как флюктуации активности биопотенциального поля, выявлена высокая степень глобальности изменений ПСКБ на больших корковых территориях. Показано, что у кролика в состоянии покоя по мере увеличения расстояния между корковыми зонами происходит падение скоррелированности между их потенциалами. Это явление, названное градиентом синхронности в зависимости от расстояния, характерно для мозговой активности и других животных (крыс, собак), а также людей, т. е. оно универсально. Степень ослабления величин КК, хотя и связана с увеличением расстояния между отводящими потенциалы электродами, но нелинейно, что свидетельствует о физиологической, а не физической его природе (Королькова, 1977).

Взаимосвязь между изменением скоррелированности корковых потенциалов в различных зонах проявляется также в отсутствии независимости изменений синхронности между потенциалами различных участков коры больших полушарий головного мозга во времени. Синхронность нарастает и ослабляется одновременно на больших ее участках. Вокруг каждой точки коры имеется область, в которой потенциалы высокоскоррелированы, причем размер этой области все время меняется, то увеличиваясь, то уменьшаясь. Такая организация ПСКБ не оставляет возможности для возникновения высокой избирательной синхронности только между потенциалами двух удаленных друг от друга точек коры больших полушарий головного мозга (Королькова, 1977). Повышение и снижение значений КК между потенциалами двух корковых зон (например, сенсомоторной и зрительной) у кролика сопровождаются однонаправленными изменениями КК между потенциалами подкорковых образований, а также между потенциалами коры и этих структур (Королькова и др., 1977).

Будучи системной по происхождению, ПСКБ отражает функциональное состояние не только самой коры больших полушарий, но и других отделов головного мозга. Получены доказательства, что в уровне ПСКБ находит отражение степень возбудимости различных корковых и подкорковых образований. Так, у кролика околопороговое раздражение сенсомоторной коры и красного ядра на фоне экстремальных значений ПСКБ (максимальных и минимальных величин КК, регистрируемых в экспе-

рименте) вызывает различное число реакций, которые имеют и разную величину. При максимальной ПСКБ слабая электрическая стимуляция каждого из исследуемых образований достигает достоверно чаще пороговой величины, чем при минимальной ПСКБ (рис. 1). Следовательно, возбудимость мозговых структур выше при максимальной ПСКБ, чем при минимальной (Королькова, 1977). Об этом свидетельствуют также результаты экспериментов, в которых возбудимость сенсомоторной, зрительной и слуховой областей коры, а также дорзального гиппокампа исследовалась путем анализа их вызванных потенциалов на сенсорные раздражения (вспышку или щелчок) пороговой интенсивности, наносимые при экстремальных уровнях ПСКБ. Отмечено, что при максимальной скоррелированности корковых потенциалов амплитуда отдельных компонент вызванных ответов больше, чем при минимальной (рис. 2). Латентные периоды их также различаются в зависимости от уровня ПСКБ, на фоне которого предъявляются афферентные раздражения (табл. 1).

Характер различий позволяет говорить о повышении возбудимости исследованных структур при увеличении скоррелированности корковых потенциалов (Королькова, Труш, 1980а).

Результаты сопоставления уровней мышечной активности в предстимульные периоды, характеризующиеся максимальной и минимальной ПСКБ, также выявляют наличие определенного соотношения между ними. Так, в эти периоды при наличии реакций на раздражения, наносимые при максимальной синхронности потенциалов, отмечается наибольшая амплитуда электромиограммы конечности. При минимальной ПСКБ и отсутствии реакций на раздражения наблюдается наименьшая ее величина (рис. 3). Таким образом, ПСКБ отражает возбудимость не только корковых и подкорковых структур, но и спинно-мозговых центров, которые определяют в значительной мере мышечный тонус (Королькова, Труш, 1980а).

Результаты тестирования возбудимости различных мозговых образований при экстремальных уровнях ПСКБ дают основание считать, что с помощью этого показателя можно, вероятно, оценивать и прогнозировать судьбу некоторых наиболее элементарных реакций. Методически эта задача решается с помощью так называемого управляемого эксперимента, в котором выявляются соотношения, существующие между уровнем ПСКБ и вероятностью возникновения эфферентных проявлений в ответ на irrelevantные стимулы. Обязательным составным элементом такого эксперимента является обратная связь с объектом. При этом воздействие на биологический объект поставлено в непосредственную зависимость от определенных параметров биологической системы. В лаборатории М. Н. Ливанова для проведения управляемого эксперимента впервые применена универсальная ЭЦВМ (Ливанов и др., 1966в, 1967, 1969; Ливанов, 1968).

В этих экспериментах было сопоставлено количество двигательных реакций задней и передней конечностей кролика, воз-

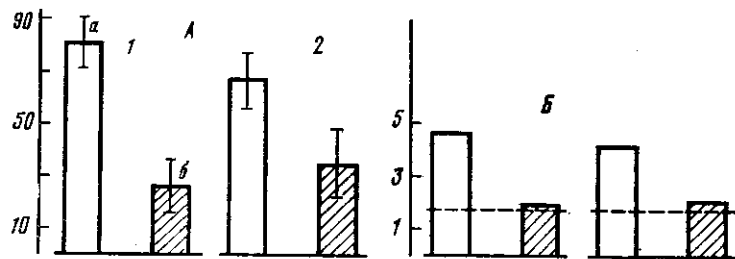


Рис. 1. Число двигательных реакций (А) на раздражение околопороговой интенсивности сенсомоторной коры (1) и красного ядра (2) и их величина (Б) при максимальной (а) и минимальной (б) величинах КК между потенциалами сенсомоторной и зрительной области коры головного мозга

Ордината: А — количество реакций (в процентах от общего числа раздражений), Б — величина мышечной реакции (в условных единицах), пунктир — уровень достоверности отличия мышечной реакции от фона

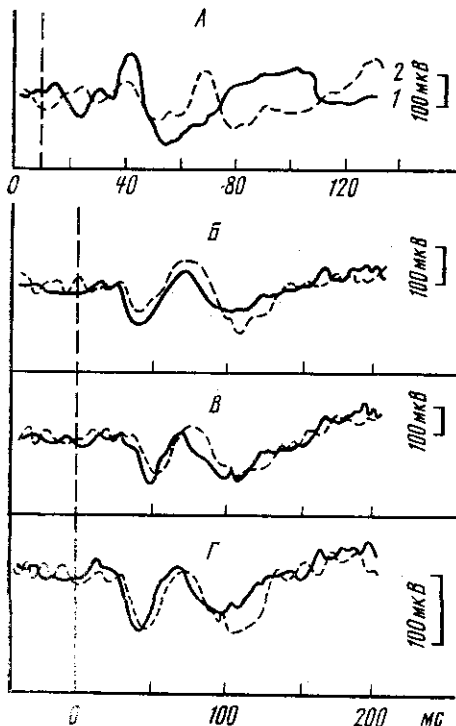


Рис. 2. Усредненные вызванные потенциалы на раздражитель одинаковой интенсивности при максимальной (1) и низкой (2) скоррелированности корковых потенциалов

А — в зрительной области коры на вспышку света (по 16 применениям); Б — в сенсомоторной; В — в слуховой; Г — в гиппокампе на щелчок (по 15 применениям); абсцисса — время, мс; ордината — величина потенциала; пунктирная линия, параллельная оси ординат, — момент включения раздражения

никающих на световые раздражения, предъявляемые на фоне высоких и низких значений КК между потенциалами коркового представительства соответствующей конечности и отдельных точек зрительной коры. По соответствующей программе в реальном времени велось управление по уровню КК. Чтобы осуществить непрерывное слежение за изменением КК, необходимое при данном эксперименте, он подсчитывался после каждого опроса за предшествующий 1,5-секундный интервал при помощи рекуррентного перехода. При достижении значения КК, предусмотренного программой, машина включала световое раздражение. Одновременно регистрировались данные о двигательной реакции конечности. Основным результатом экспериментов состоял в определении зависимости числа реакций животного от уровня

Средний уровень мышечной активности за 2,5-минутные интервалы принят за единицу; ордината — величина отношения дисперсий (большой к меньшей) мышечных потенциалов, оцениваемых в соответствующий 4-секундный предстимульный интервал и на 2,5-минутном отрезке; горизонтальные пунктирные линии — доверительные границы ($P < 0,01$) для отношения дисперсий по критерию Фишера

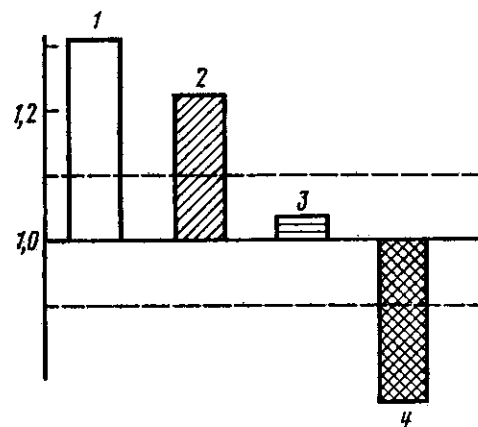


Рис. 3. Изменение мышечной активности относительно среднего уровня при максимальной скоррелированности корковых потенциалов в предстимульные периоды, когда раздражитель вызывает реакцию (1), при том же уровне скоррелированности и отсутствии реакции (2), при минимальной скоррелированности в предстимульный период, когда раздражитель вызывает реакцию (3), при том же уровне скоррелированности, но без реакции на раздражитель (4)

ПСКБ: реакции возникают для обеих конечностей на фоне высокой синхронности значимо чаще, чем при низкой (табл. 2).

Эти данные свидетельствуют о том, что уровень ПСКБ тонко отражает текущую активность мозга. Высокая ПСКБ регистрируется при его состоянии, способствующем распространению возбуждения с афферентной системы на эфферторы. Фактор облегченного проведения возбуждения между нервными центрами имеет большое значение в организации интегративной деятельности мозга, в частности, как показано в школе М. Н. Ливанова, на определенном этапе формирования условнорефлекторной реакции (Ливанов, 1971, 1972; Ливанов, Хризман, 1978; Livanov,

Таблица 1

Соотношение величин латентных периодов вызванных потенциалов и уровня КК

Раздражение	Область	Латентные периоды вызванных потенциалов		Уровень значимости различий (по критерию Вилкоксона)
		максимальная синхронность	минимальная синхронность	
Вспышка света	Зрительная	34,4	38,4	$P \leq 0,05$
Щелчок	Слуховая	37,3	38,4	$P \leq 0,15$
	Сенсомоторная	34,4	36,8	$P \leq 0,05$
	Дорзальный гиппокамп	38,5	40,9	$P \leq 0,05$

Таблица 2

Зависимость вероятности эфферентных реакций в ответ на вспышку света от значений КК

Конечность	Высокий уровень ПСКБ (КК $\geq 0,8$)			Низкий уровень ПСКБ (КК $\leq 0,2$)		
	число раздражений	число двигательных реакций	%	число раздражений	число двигательных реакций	%
Задняя	380	104	27 ± 4 $P \leq 0,05$	261	41	$2,8 \pm 1$ $P \leq 0,05$
Передняя	284	199	70 ± 4 $P \leq 0,05$	580	174	30 ± 3 $P \leq 0,05$

1965а, б, 1968а, б). Определение функционального смысла ПСКБ в экспериментах на животных открыло перспективы анализа активности мозга с помощью ее показателей и применения их для практических целей.

2. ПСКБ как критерий функционального состояния мозга человека

Значительные флюктуации функционального состояния человека даже при его спокойном бодрствовании, связанные как с биологическими ритмами, так и с воздействием внешних условий жизнедеятельности, отражаются на качестве выполняемой работы, особенно управляющего и эвристического типов. Это ставит проблему тонкой психометрии функционального состояния как фона или условия умственной работоспособности человека. Важна диагностика и текущего состояния (в пределах суточного режима работы) и состояния, непосредственно предшествующего восприятию и переработке информации.

Разрабатываемые нами критерии функционального состояния мозга человека включают комплекс различных показателей ПСКБ. Они могут быть получены при анализе биоэлектрической активности коры головного мозга, отводимой либо от небольшого количества ее пунктов, либо от множества корковых зон — топоскопия (Ливанов, Ананьев, 1959; Ливанов, 1972). В первом случае возможна экспресс-диагностика состояния, предшествующего подаче сигнальных стимулов. Во втором случае имеющаяся информация позволяет детально исследовать систему функциональных взаимоотношений в коре головного мозга, соответствующую тонким градациям уровней ее активности.

При оценке функционального состояния как условия для оптимальной реакции на релевантные стимулы прежде всего необходимо иметь в виду, что максимальная успешность деятельности достигается на фоне лишь определенного уровня активации

мозга. Этот уровень отрицательно коррелирует с трудностью задания. Отсюда следует, что поиски жестко фиксированных, универсальных показателей функционального состояния, способствующего успешной реализации любой деятельности, бесперспективны. Подбор их для каждого вида (категории трудности) деятельности является кропотливой, но оправдывающей себя работой.

Взаимоотношение между ПСКБ в предстимульный период и эффективностью деятельности у человека исследовалось с помощью описанного выше управляемого эксперимента. В его первоначальном варианте регистрировались сокращения мышц предплечья правой руки в ответ на вспышку света и была показана достоверная разница в уровне ПСКБ в предстимульный период в случае наличия и отсутствия двигательной реакции (Ливанов и др., 1970). В дальнейших исследованиях применен прием экстремальных управляемых экспериментов, т. е. тестировалось функциональное состояние коры при экстремальных уровнях ПСКБ (Королькова, Труш, 1980в; Королькова и др., 1981, 1984). Физиологическим показателем состояния коры служило время реакции. Исследовали потенциалы моторной, зрительной и слуховой областей левого или обоих полушарий коры головного мозга. Для управления выбирался КК между потенциалами одной из пар отведений в пределах левого полушария. Для простой реакции раздражением служил щелчок надпороговой интенсивности.

Результаты исследований показали, что в данном случае среднее время реакции на фоне максимальных величин ПСКБ меньше, чем при минимальных. Достоверно чаще регистрируются короткие латентные периоды (короче среднего за опыт) в первом случае, чем во втором (рис. 4, 1, А). Это подтверждает вывод, сделанный на основе экспериментов на животных, что высокий уровень ПСКБ характеризует состояние центральной нервной системы, при котором облегчен переход возбуждения с афферентной системы на эффекторы. Выявлено также, что наряду с уровнем ПСКБ для характеристики функционального состояния имеет значение и спектральный состав электроэнцефалограммы (Свидерская, 1977а, б; Васильев, Королькова, 1982). Так, при максимальной ПСКБ мощность низкочастотных составляющих (дельта — тета) выше, чем при минимальной, а при минимальной ПСКБ более выражен альфа-ритм (Королькова, Труш, 1980б).

Для другой, более сложной реакции — реакции выбора соотношение между уровнем ПСКБ в предстимульный период и временем реакции иное. Это выявлено в экспериментах, в процессе которых испытуемым подавались пары щелчков различной интенсивности (два громких, громкий + тихий, тихий + громкий, два тихих) с интервалом в 500 мс. Интенсивность громких щелчков была постоянной и равнялась примерно 70 дБ над порогом слышимости, а тихого — на 10—15 дБ ниже (подбиралась для каж-

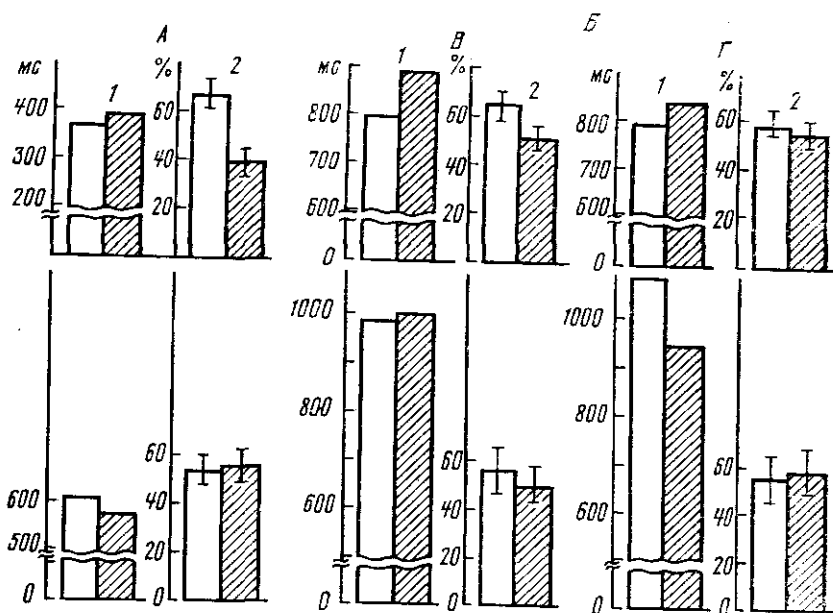


Рис. 4. Соотношение между латентным периодом простой реакции (А) и реакции выбора (Б) в состоянии спокойного бодрствования (I) и при повышении уровня активации головного мозга (II)

В — для реакции выбора правой рукой; Г — левой; ордината: 1 — латентный период реакции, мс, 2 — число случаев (%), в которых латентный период короче среднего за опыт; вертикальные черточки — доверительный интервал; белые столбики — при высокой ПСКБ; заштрихованные столбики — при низкой

дого испытуемого индивидуально). Разница в интенсивности была чуть выше порога различения. По инструкции на комбинацию из одинаковых щелчков испытуемые должны были реагировать одной рукой, а из разных — другой. Порядок включения раздражений носил случайный характер. На предъявленные 721 раздражение 555 раз были получены правильные ответы и 166 — ошибочные. $53 \pm 5\%$ ошибочных ответов возникло при максимальном уровне ПСКБ и $47 \pm 5\%$ — при минимальном ($P \leq 0,20$). Следовательно, в количестве ошибочных ответов, возникающих при экстремальных уровнях ПСКБ, достоверная разница отсутствует. Зависимость между величиной латентных периодов и ПСКБ менее выражена, чем при простой реакции. При максимальной ПСКБ время реакции достоверно короче, чем при минимальной ($P \leq 0,20$), только для руки, контралатеральной полушарию, по скоррелированности которого оценивалась ПСКБ. Уровень значимости различий ниже (рис. 4, I, Б). Таким образом, при определении оптимальных условий реализации более сложного вида деятельности необходим учет тонких, специализированных межцентральных отношений. Если простая

реакция является выработанным на основе речевой инструкции инструментальным условным рефлексом, для которого условия, способствующие иррадиации возбуждения и выходу на периферию, являются наиболее благоприятными, то реакция выбора — это активная дифференцировка, в основе которой, как указывал И. П. Павлов, лежит процесс концентрации возбуждений. В этом случае необходимо, во-первых, меньшее повышение возбудимости нервных центров, чем при простой реакции (Чуприкова, 1967), и, во-вторых, повышение ее не во всех проводящих путях, а только в определенных при заторможенности других. Таким образом, высокий уровень ПСКБ не должен расцениваться прогностически однозначно. Его повышение может быть полезным фактором, вероятно, только для реализации некоторых видов деятельности и при определенном функциональном состоянии мозга.

Высказанное предположение подтверждают данные экспериментов, в которых исследовалось значение максимальных уровней ПСКБ при повышенной активации мозга. Это достигалось усилением внимания к наносимым раздражениям или введением фармакологических препаратов. В первом случае раздражения служили световые стимулы с цифровым значением (5 для простой реакции и 5 и 6 для реакции выбора), предъявляемые с помощью светодиодной матрицы. Угловые размеры светящейся цифры составляли примерно 1° . Испытуемый должен был в темной камере смотреть на фиксационную точку, вместо которой (в неизвестный ему момент) появлялась светящаяся цифра. На нее, согласно инструкции, нужно было реагировать.

Результаты анализа показали, что в состоянии повышенной активации головного мозга при экстремальных уровнях ПСКБ в предстимульный период отсутствует достоверная разница в величинах времени как простой реакции, так и реакции выбора (см. рис. 4, II, А, 4, II, Б). Повышение уровня внимания при экстремальной ПСКБ сопровождается перераспределением частотного состава ЭЭГ по сравнению с состоянием спокойного бодрствования. Так, при максимальной ПСКБ лучше, чем при минимальной, представлены быстрые частоты в полосе β_{2-3} . Эти результаты в комплексе с данными о времени реакции показывают, что при повышении уровня активации головного мозга экстремальные значения ПСКБ отражают иное состояние коры больших полушарий, чем при спокойном бодрствовании.

Фармакологическое воздействие (прием фенамина в дозе 0,1 г) также приводит к значительному изменению соотношений между ПСКБ и латентным периодом простой реакции на щелчок надпороговой интенсивности (рис. 5). В случаях наличия до приема препарата типичной зависимости между ПСКБ и временем реакции происходит инверсия отношений: после введения препарата латентный период в большинстве случаев становится большим при максимальной ПСКБ. В опытах, где до приема фенамина время реакции при максимальном уровне ПСКБ было

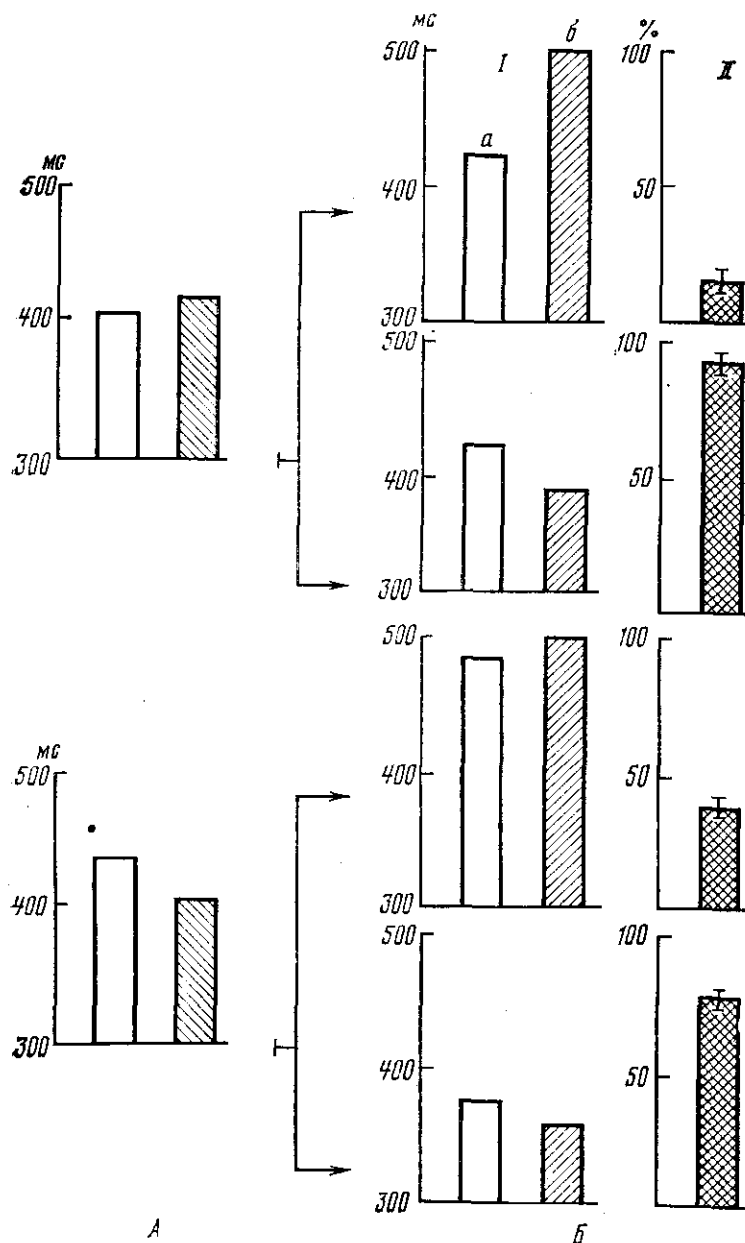


Рис. 5. Время простой двигательной реакции на щелчок до приема фенамина (А) и через 30 мин после приема (Б)

а — среднее время реакции при максимальной скоррелированности корковых потенциалов; б — при минимальной; в — число случаев (в процентах от общего числа раздражений), в которых наблюдалось такое соотношение времени реакции и уровня ПСКБ; ордината: I — время простой реакции, мс, II — процент случаев; вертикальные черточки — доверительный интервал

длиннее, чем при минимальной, инверсия нетипична. В тех опытах, где на фоне фенамина при максимальной ПСКБ время реакции длиннее, чем при минимальной, при максимальной ПСКБ уменьшается в спектре мощности выраженность потенциалов альфа- и дельта-диапазонов и усиливается в полосе бета. В остальных опытах (где на фоне фенамина при максимальной ПСКБ время реакции короче, чем при минимальной) при максимальной ПСКБ возрастает число случаев с усилением полосы тета-волн и уменьшением полосы бета. Таким образом, на фоне фенамина при максимальной ПСКБ время реакции чаще бывает большим, чем при минимальной. При этом спектральный состав иной, чем в состоянии исходного уровня активации мозга. Отсюда следует, что при повышении активации происходит изменение функционального значения экстремальных величин ПСКБ. Эти данные свидетельствуют о том, что использование показателя ПСКБ изолированно от характеристик спектральной мощности и когерентности потенциалов, а также структурной организации синхронных биоэлектрических процессов (топографических свойств ПСКБ) не всегда дает адекватную оценку состояния мозга. Они подчеркивают справедливость представлений М. Н. Ливанова (Ливанов, 1967—1984) о необходимости применения комплекса электрографических показателей.

Диапазон значений ПСКБ в предстимульный период для оптимальной реализации различных видов деятельности значительно варьирует в зависимости от трудности заданий, индивидуальных особенностей испытуемых, определяющих стратегию поведения и отношение к ситуации. Так, при исследовании условий различной эффективности (максимальной и минимальной скорости) реакций (простой и выбора) на световые и звуковые стимулы показано, что для каждой из них в одном и том же опыте КК при экстремальных значениях латентного периода отличаются друг от друга. Однако повторяемости соотношений не наблюдается.

Значение фактора субъективной оценки условий эксперимента на соотношение времени ответных реакций и уровня ПСКБ исследовалось с помощью экстремальных латентных периодов простой реакции на свет в условиях малых (10—15 с) и больших (30—40 с) межстимульных интервалов, которые использовались в течение одного и того же опыта на различных его этапах. Показано, что соотношение КК между потенциалами корковых областей при экстремальных латентных периодах у испытуемых, дифференцировавших смену длительности интервалов (I группа), отличается от соотношений КК, определенных в тех же условиях для испытуемых, не уловивших этой смены (II группа, рис. 6). Как изменение условий опыта (сравнение на рисунке по горизонтали), так и различное отношение к этим изменениям (сравнение по вертикали) приводят к перестройкам соотношений КК в предстимульные периоды реакций с экстремальными латентными периодами.

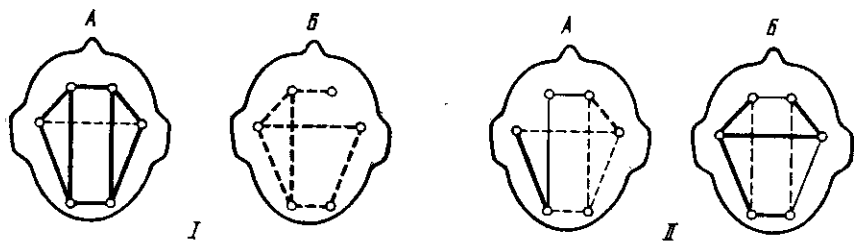


Рис. 6. Соотношение величин КК в предстимульный период при коротком и длинном времени реакции у испытуемых первой (I) и второй (II) группы при простой реакции на световые раздражения с малыми (А) и большими (Б) интервалами между ними

На контуре полушарий точками обозначены места расположения электродов. Сплошной линией соединены участки коры, КК между потенциалами которых при коротком времени реакции достоверно (жирная линия) или недостоверно (тонкая линия) выше, чем при длинном. Пунктиром соединены участки коры, КК между потенциалами которых при коротком времени реакции достоверно (жирный пунктир) или недостоверно (тонкий пунктир) ниже, чем при длинном

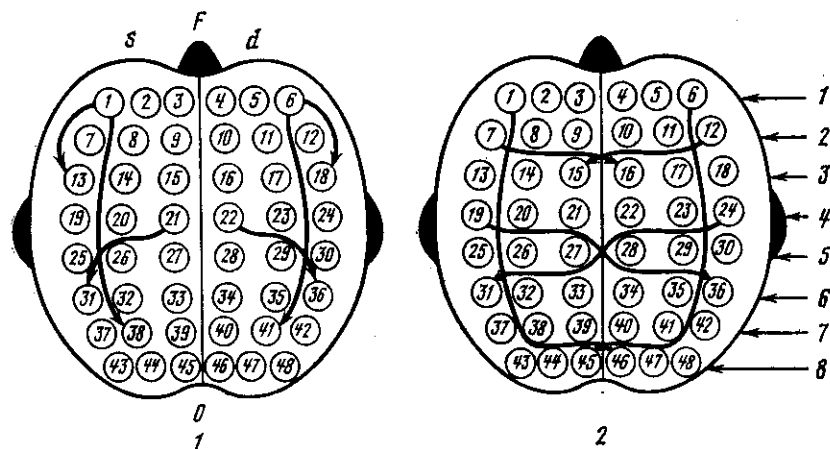


Рис. 7. Схема размещения электродов на конвексительной поверхности мозга, а также схема анализа асимметрии внутриполушарных и межполушарных КК 1 — схема анализа асимметрии внутриполушарных КК; 2 — то же, для межполушарных КК; F — лобный полюс; O — затылочный полюс; s — левое полушарие; d — правое полушарие; 1—8 — номера электродных дуг; цифры в кружочках соответствуют номерам отводящих электродов; стрелками соединены пункты, между потенциалами которых производился подсчет КК

Таким образом, показатели ПСКБ в предстимульные периоды могут быть использованы для тестирования функционального состояния головного мозга как условия работоспособности лишь с учетом конкретных характеристик предлагаемой человеку деятельности. Для прогноза эффективности сложных видов деятельности, включающей поисковые операции, важно использование комплексных, в том числе и топографических, показателей ПСКБ.

Исследование топографического распределения ПСКБ, обеспечивающего детальное изучение функционального состояния, требует множественного отведения потенциалов коры головного мозга. Система компьютеризированного анализа топографических картин синхронных биоэлектрических процессов впервые разработана в школе М. Н. Ливанова (Ливанов, Ананьев, 1959). Для обзора синхронности между потенциалами практически всего пространства конвексительной поверхности головы достаточно наложения 40—60 отводящих электродов. В данной работе применялось 48 угольных электродов, распределенных на черепной поверхности в виде сети, состоящей из 8 дуг (в каждой по 6 электродов) в сагиттальном направлении (рис. 7). Отведение было монополярным, референтный электрод располагался на подбородке. Через усилительную систему «Бископ» электрическая активность вводилась в ЭВМ. Подсчет КК попарно между всеми регистрируемыми процессами и формирование кросс-корреляционной матрицы, состоящей из 1128 КК, позволяли оценивать как глобальные (по всей коре), так и локальные (в определенных корковых зонах) изменения синхронных биоэлектрических процессов, а также межполушарную асимметрию и градиент ПСКБ. Выделялись наиболее значимые для диагностики функционального состояния показатели (Свидерская, 1981; 1985; Свидерская и др., 1980б, 1983, 1984; Sviderskaya, 1980, 1981).

Показатель глобальной ПСКБ (либо сумма всех 1128 КК, либо число высоких $\geq 0,85$ КК в матрице) отражает, как следует из полученных данных (Ливанов, Свидерская, 1984), степень общей активированности мозга и готовности субъекта к деятельности. Так, при параллельном психологическом (по тесту САН — тесту дифференцированной самооценки функционального состояния — самочувствие, активность, настроение, Доскин и др., 1973) и электроэнцефалографическом тестировании оказалось, что в 70,5% проведенных 95 экспериментах наблюдается достоверное различие в уровне глобальной ПСКБ для разных градаций величин баллов по шкалам «самочувствие» и «активность» (табл. 3). При постепенном снижении баллов по этим шкалам при переходе от первой к третьей группе экспериментов, выделенных при ранжировании данных психологических измерений, наблюдается достоверное падение уровня глобальной ПСКБ. Для шкалы «настроение» хотя и отмечается аналогичная тенденция, но она недостоверна.

Таким образом, уровень функциональной активности коры головного мозга, определенный диапазон которой является необходимым условием для реализации деятельности и важным фактором работоспособности человека, может быть оценен по показателю глобальной ПСКБ.

Данные фармакологических проб, позволяющих изменять степень активации головного мозга либо в сторону снижения (с помощью, например, нейролептиков), либо повышения (с по-

Таблица 3

Соотношение между величинами оценочных баллов разных шкал теста САН и показателем глобальной ПСКБ

Группа экспериментов	Шкала теста САН		
	самочувствие	активность	настроение
Первая группа высокие оценки (6,2—5,7)	17,8±1,2	16,2±1,1	15,6±1,1
Вторая группа средние оценки (5,6—4,4)	12,2±0,6	14,9±0,8	13,8±0,8
Третья группа низкие оценки (4,3—3,6)	9,3±3,6	9,4±0,8	12,9±1,2

Примечание. Дано количество высоких КК в процентном отношении к общему числу КК в матрице.

мощью психостимуляторов), подтверждают этот вывод. После однократного приема психостимулятора кофеина в дозе 0,3 г у большинства испытуемых в проведенных нами экспериментах (у 8 из 10) отмечено достоверное (по U-критерию Манна—Уитни, $P \leq 0,05$) повышение глобальной ПСКБ. Введение нейролептика клозапина (в дозе 25 мг) приводит к противоположному эффекту.

Важным показателем уровня функционального состояния мозга человека, взаимоотношений между неспецифическим тонусом и эмоциональным настроением является межполушарная асимметрия ПСКБ. Она оценивалась следующим образом. В кросс-корреляционных матрицах выделялись внутриполушарные КК (ВпКК, т. е. КК между потенциалами точек, расположенных в одном и том же полушарии, см. рис. 7, 1) и межполушарные КК (МпКК, т. е. КК между потенциалами точек, расположенных в разных полушариях, рис. 7, 2). ВпКК и МпКК при определении асимметрии ПСКБ анализировались отдельно. При подсчете асимметрии ВпКК из КК, вычисленного для потенциалов пары точек левого полушария, производилось вычитание КК, вычисленного для потенциалов симметричной пары точек правого полушария. Например, из КК для потенциалов 1 и 13 точек вычитался КК для потенциалов 6 и 12 точек и т. д. При оценке асимметрии МпКК производилось вычитание из КК, вычисленных для потенциалов более фронтально расположенных пунктов левого полушария и потенциалов более каудально расположенных пунктов правого полушария, КК, вычисленных для более фронтально расположенных точек правого полушария и более каудально расположенных пунктов левого полушария.

Поскольку в данном случае сопоставлялись КК между потенциалами точек, находящихся в разных полушариях, т. е. в любой паре точек были отведения и левого и правого полушарий,

то трудно было квалифицировать принадлежность того или иного КК к системам «связей» одного из них. Поэтому условно принято, что КК, вычисленные для потенциалов более фронтально расположенных точек левого полушария и более каудально расположенных точек правого полушария, относятся к левосторонним КК, а КК, вычисленные для потенциалов более фронтально расположенных точек правого полушария и потенциалов более каудальных точек левого полушария, — к правосторонним КК. В связи с этим, когда речь пойдет о преобладании, например, левого полушария по МпКК, это будет означать, что КК между потенциалами передних зон левого полушария и задних правого выше, чем между потенциалами передних зон правого полушария и задних левого.

Дальнейшая обработка данных была связана с построением матриц межполушарной асимметрии для электродных полудуг, так называемых сокращенных матриц межполушарной асимметрии ПСКБ. В них имелось 36 координат (рис. 8), согласно формуле $n^2 + n/2$, где n — порядок матрицы, равный 8 (число полудуг). В каждой координате содержалась информация о числе КК с доминирующими значениями в одном полушарии по сравнению с другим. Для каждого из анализируемых отрезков ЭЭГ формировались 4 матрицы: отдельно для левого и правого полушарий с учетом ВпКК и МпКК (Свидерская и др., 1983; Свидерская, 1985).

Благодаря построению и анализу таких матриц выявлено соответствие различных уровней функционального состояния мозга определенным паттернам асимметрии ПСКБ. Так, в первой группе экспериментов (с высокими оценочными баллами по всем трем шкалам теста САН) отмечено доминирование левого полушария, особенно в передних корковых зонах как по ВпКК, так и по МпКК (рис. 8). Во второй группе экспериментов при снижении баллов по шкале «настроение» (при достаточно высоких оценках по другим шкалам теста) имеется сочетание выраженного правостороннего доминирования по ВпКК с нерезким доминированием его по МпКК. Средним и приблизительно равным оценкам по всем трем шкалам в третьей группе экспериментов соответствуют левостороннее доминирование по ВпКК и правостороннее доминирование по МпКК. Дальнейшее равномерное понижение оценок по всем трем шкалам в четвертой группе экспериментов не вносит значительных изменений в структуру межполушарных отношений ПСКБ. Таким образом, тонкие флуктуации общего активационного и эмоционального тонуса могут быть оценены по паттернам межполушарной асимметрии ПСКБ.

Кроме того, для этих целей применим количественный критерий — коэффициент межполушарной асимметрии ПСКБ (Кас), который равен частному от деления числа доминирующих КК в левом полушарии на их число в правом полушарии. Значения Кас, превышающие 1, соответствуют левостороннему доминированию, а его величины в диапазоне от 1 до 0 характеризуют сте-

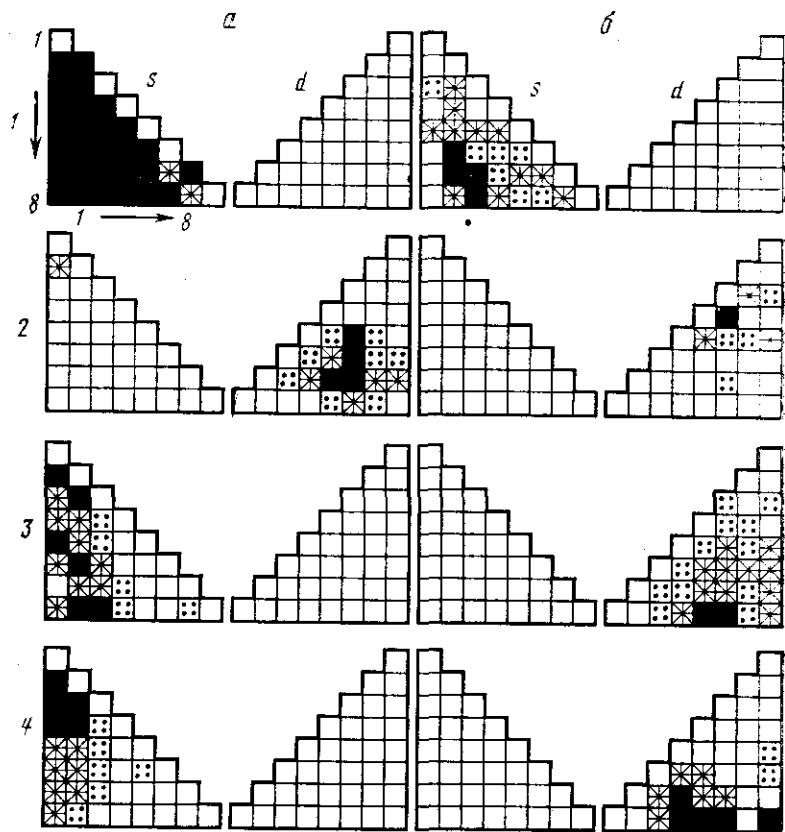


Рис. 8. Типы межполушарной асимметрии ПСКБ у здоровых испытуемых. Представлены сокращенные матрицы вероятности межполушарной асимметрии ПСКБ для четырех групп экспериментов (1—4), выделенных при тестировании по методу САН; а — ВпКК; б — МпКК; черным обозначены координаты с вероятностью доминирования КК $\geq 70\%$, заштрихованы жучком — то же, с вероятностью $\geq 60\%$, мелкими точками — $\geq 50\%$; s — левое полушарие; d — правое полушарие

пень правостороннего доминирования. В первой группе экспериментов регистрируются величины Кас выше 1 как по ВпКК, так и по МпКК (рис. 9). Во второй группе экспериментов отмечается резкое понижение Кас по ВпКК с переходом граничных значений левоправостороннего доминирования. В третьей группе экспериментов наблюдается сочетание Кас, превышающих 1 по ВпКК, с Кас ниже 1 по МпКК. Приведенные данные указывают на то, что асимметрия по ВпКК характеризуется в большей степени эмоциональный тонус, а по МпКК — общий активационный. Это позволяет дифференцировать по показателям асимметрии ПСКБ изменение функционального состояния, связанное с падением эмоционального тонуса и со сдвигами общего самочувствия и активности, что может быть использовано в практике

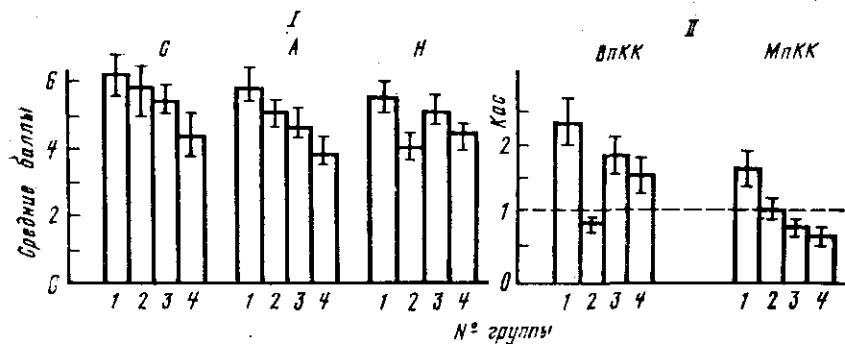


Рис. 9. Соотношение величин оценочных баллов по разным шкалам теста САН и показателя межполушарной асимметрии ПСКБ

I — средние для каждой из четырех групп экспериментов баллы по разным шкалам теста САН (С — шкала «самочувствия», А — шкала «активности», Н — шкала «настроение»); II — значение Кас по ВпКК и МпКК для разных групп экспериментов; 1—4 — группы экспериментов

при разработке способов стимуляции работоспособности человека.

Ряд проведенных проб (фармакологических и эмоциональных) позволил получить результаты, подтверждающие данный вывод. Так, подсчитав средние для каждой серии экспериментов Кас по ВпКК и разместив в порядке убывания их величины, мы определили, что максимальное увеличение левостороннего доминирования наблюдается при кофейной пробе (табл. 4). Перестройки в сторону доминирования правого полушария отмечаются при действии галоперидола (извращающего нормальные отношения в эмоционально-мотивационной сфере), при действии электрокожного болевого раздражения и при предъявлении слайдов неприятного содержания. Достоверные различия Кас имеются между ситуациями, действия кофеина с одной стороны, болевого раздражения, действия неприятных слайдов и галоперидола — с другой, а также между влиянием демонстрации нейтральных слайдов (графиков, пейзажей) и неприятных слайдов (материалов судебного-медицинской практики). Таким образом, на одном полюсе находятся данные по функциональной пробе, вызывающей положительные эмоциональные сдвиги, на другом — отрицательные.

По МпКК наиболее заметные изменения в сторону доминирования левого полушария наблюдаются под воздействием нейролептиков клозапина и галоперидола. Достоверные различия обнаруживаются между величинами Кас при действии болевого раздражения и нейролептиков. Следовательно, наибольшие изменения различного знака регистрируются в ситуациях, вызывающих усиление и ослабление мозгового тонуса.

Таблица 4

Сравнительная оценка действия функциональных проб на межполушарную асимметрию ПСКБ

Проба	Кас по ВпКК	Проба	Кас по МпКК
Кофеин	$1,81 \pm 0,20$	Болевое раздражение	$1,31 \pm 0,19$
Клозапин	$1,31 \pm 0,15$	Кофеин	$1,00 \pm 0,10$
Ожидание болевого раздражения	$1,21 \pm 0,26$	Нейтральные слайды	$0,98 \pm 0,10$
Нейтральные слайды	$0,98 \pm 0,12$	Ожидание болевого раздражения	$0,90 \pm 0,09$
Галоперидол	$0,88 \pm 0,14$	Неприятные слайды	$0,90 \pm 0,15$
Болевое раздражение	$0,85 \pm 0,12$	Клозапин	$0,73 \pm 0,13$
Неприятные слайды	$0,60 \pm 0,08$	Галоперидол	$0,70 \pm 0,14$

Примечание. Даны средние для группы испытуемых цифры Кас, полученные при сопоставлении кросс-корреляционных матриц проб и фона.

Таким образом, перестройки межполушарной асимметрии ПСКБ также являются показателями изменения функционального состояния человека: снижение общего тонуса и готовности к деятельности уменьшают преобладание левого полушария по МпКК, а сдвиги эмоционального тонуса приводят к перестройкам асимметрии по ВпКК с усилением доминирования правого полушария при эмоциях отрицательного знака. Разные варианты межполушарной асимметрии ПСКБ соответствуют различным функциональным состояниям, и их регистрация может быть полезной при прогнозировании эффективности деятельности человека, а также при диагностике патологических состояний.

Средний уровень функционального состояния характеризуется сочетанием левостороннего доминирования по ВпКК с правосторонним доминированием по МпКК. Усиление доминирования МпКК выше определенного уровня свидетельствует о возникновении состояния с повышенной пароксизмальной готовностью (Свидерская и др., 1984). На это указывают результаты подсчета Кас по МпКК у больных эпилепсией (данные по 40 больным). Отмечено, что Кас для 2—3 электродных полудуг достоверно отличается от зарегистрированного в норме. В патологии он составляет $1,9 \pm 0,20$, в норме — $0,63 \pm 0,04$. Граничное значение, равное 0,87 (точка пересечения двух графически построенных кривых нормального распределения), может считаться критическим и использоваться при контроле за изменением функционального состояния оператора, подвергающегося перегрузкам. Появление низких значений Кас по ВпКК, особенно для 1—3 электродных дуг, также может оцениваться как неблагоприятный признак, указывающий на нарушение баланса общего активационного и эмоционального тонуса. Одним изсторажи-

вающих признаков изменения уровня функционального состояния человека может считаться появление сочетания правостороннего доминирования по ВпКК с левосторонним доминированием по МпКК.

Кроме показателей межполушарной асимметрии при контроле перехода нормального функционального состояния в патологическое (изменение уровня сознания, повышение пароксизмальной готовности) ценным является признак изменения направления градиента ПСКБ в зависимости от расстояния. Для нормального состояния характерен сагиттальный или косой градиенты, при патологии он приближается к фронтальному. Оценка градиента синхронности в зависимости от расстояния может производиться по разработанной нами методике определения коэффициента градиента (Кгр) по пространственному распределению низких и отрицательных КК.

Резюмируя материалы анализа возможностей применения ПСКБ для оценки функционального состояния человека, отметим, что благодаря присущему ей свойству отражать тонкие флюктуации мозговой активности показатели ПСКБ способны удовлетворить потребности довольно широкого спектра психодиагностических задач по определению оптимальных условий деятельности человека. Уровень ПСКБ в сочетании с параметрами спектральной мощности и когерентности корковых потенциалов характеризует степень готовности человека к восприятию, переработке информации и реализации запрограммированных актов. Однако сочетание показателей ПСКБ неоднозначно для операций различной степени сложности и качества. Поэтому прогнозирование эффективности деятельности на основе предстимульных характеристик биоэлектрических процессов коры головного мозга требует учета специфики выполняемых действий. Таким образом, для каждого психического акта как этапа или составляющего производственного процесса необходим определенный (в среднем диапазоне) уровень функциональной активности мозга, который может быть описан комплексом показателей ПСКБ.

Оценка флюктуаций текущего функционального состояния человека может производиться на основе показателей как общемозговых (глобальный уровень ПСКБ), так и специфических (локальная ПСКБ, асимметрия ПСКБ) биоэлектрических процессов. Различным составляющим функционального состояния (общему активационному и эмоциональному тонусу) соответствуют разные уровни ПСКБ и ее пространственно-временные паттерны. Поэтому количественные и качественные характеристики ПСКБ позволяют дифференцировать состояния не только выходящие за пределы работоспособности человека, а и находящиеся в ее диапазоне, но отличающиеся друг от друга различным балансом активационных неспецифических и аффективных компонент.

3. Личностные свойства и показатели ПСКБ

Работоспособность человека в значительной мере определяется его профессиональной пригодностью, которая зависит от свойств личности. Изучение нейрофизиологического уровня индивидуальности оправданно в связи с тем, что целый ряд качеств субъектов связан с анатомо-функциональными особенностями его мозга. Поэтому некоторые из них рассматриваются как результат устойчивого функционального состояния, обусловленного индивидуальными характеристиками, например активированностью определенных мозговых структур и их комплекса. Активированность мозга считается многими исследователями (Кулагин, 1984) важной характеристикой, лежащей в основе иерархии свойств нервной системы. Она определяет организацию нервных процессов и энергетический потенциал при работе мозга. Показатели ПСКБ, отражая степень возбудимости нервных центров, тем самым могут быть полезными как объективные критерии индивидуальной организации межцентральных отношений, влияющей на качество и скорость выполнения того или иного вида деятельности. Таким образом, при решении вопросов профессиональной ориентации, профессионального отбора и оптимизации профессиональной деятельности характеристики ПСКБ могут использоваться наряду с психологическим тестированием.

Показано, например, что индивидуумы, отличающиеся друг от друга психологическим профилем, имеют и различную локализацию в коре фокусов максимальной синхронности потенциалов (Ливанов, Свидерская, 1984; Свидерская, 1985). В процессе электроэнцефалоскопического обследования здорового контингента нами были выделены три основные группы с разным расположением областей, имеющих наибольшее количество высоких КК. Эти фокусы максимальной синхронности потенциалов не изменялись в процессе многократного обследования испытуемых. У индивидуумов первой группы (30% от 50 обследованных) фокус максимальной синхронности регистрируется в передних корковых зонах (рис. 10). При психологическом тестировании по тесту Кеттелла у них чаще, чем у других лиц, отмечаются высокие значения по факторам Е (покорность — доминантность), L (доверчивость — подозрительность), Q₁ (консерватизм — радикализм) — табл. 5.

Ко второй группе (50%) относятся испытуемые с фокусом максимальной синхронности потенциалов в центральных областях. Число случаев с высокими оценками по указанным факторам теста в данной группе меньше, чем в первой группе. В третьей группе (20%) фокус максимальной синхронности сдвинут кзади, наибольшая вероятность регистрации максимальных значений числа высоких КК приходится на теменные и затылочные области. В этой группе отмечено минимальное количество высоких оценок по всем трем факторам и максимальное число средних и низких оценок (особенно для фактора Е).

Следовательно, индивидуумы с расположением фокусов максимальной синхронности потенциалов в передних корковых зонах отличаются, как следует из описания указанных факторов при высоких значениях баллов, большей доминантностью, независимостью, самоуверенностью, критичностью, аналитическим мышлением, радикализмом. Противоположные качества, определяемые по низким оценочным баллам отмеченных факторов, присущи индивидуумам с локализацией фокусов максимальной синхронности потенциалов в задних корковых зонах. Возможно, перечисленные личностные свойства обусловлены устойчивым

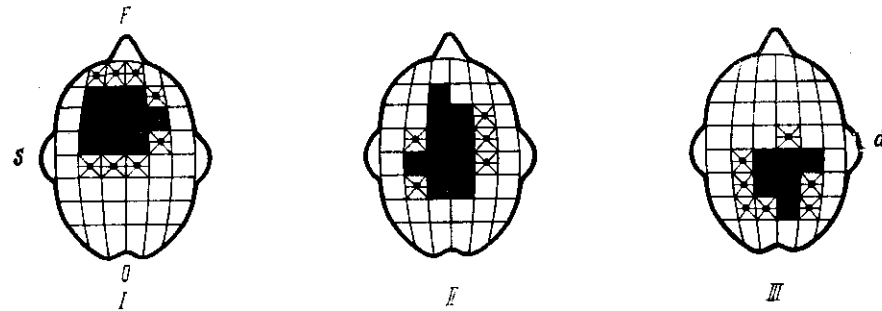


Рис. 10. Типы расположения в коре головного мозга здоровых испытуемых фокусов максимальной синхронности потенциалов

I—III — группы испытуемых; в каждой группе для всех 48 пунктов отведения потенциалов определялась вероятность регистрации максимального числа высоких КК (в кросс-корреляционных полях отбиралось 16 наибольших значений); черным обозначены пункты с вероятностью $\geq 70\%$, жучком — то же, с вероятностью $\geq 50\%$; F — лобный полюс; O — затылочный полюс; d — правое полушарие, s — левое полушарие

усилением функциональной активности в передних корковых зонах. Известно, какую роль играют эти области в организации целенаправленного поведения, контроле и программировании его результатов (Лурия, 1963; Хомская, 1972). Можно думать, что индивидуумы с фокусом максимальной синхронности потенциалов в передних корковых зонах имеют преимущества перед лицами с его локализацией в задних областях в отношении некоторых видов психической деятельности, требующей самостоятельности в выборе альтернатив, критичности, целеустремленности, экспериментирования. Им, по-видимому, можно отдать предпочтение при отборе контингента для выполнения заданий с нестандартными условиями, для решения проблемных ситуаций.

Степень адекватности и устойчивости эмоциональной сферы отражена в характеристиках реактивности глобальной ПСКБ на фрустрирующие воздействия (Свидерская, 1985). Так, характер изменения ПСКБ у различных испытуемых на пробы с отрицательными эмоциональными стимулами (электрокожное болевое раздражение при его непосредственной подаче и в ситуации ожидания, демонстрация слайдов неприятного содержания) связан

Таблица 5

Взаимоотношение между локализацией в коре фокусов максимальной синхронности потенциалов и некоторыми личностными характеристиками испытуемых

Группа	Фактор								
	Е (покорность — доминантность)			L (доверчивость — подозрительность)			Q (консерватизм — радикализм)		
	Баллы								
	высокие	средние	низкие	высокие	средние	низкие	высокие	средние	низкие
Первая	76	0	24	76	12	12	76	0	24
Вторая	60	10	30	50	20	30	50	30	20
Третья	14	0	86	14	58	28	28	58	14

Примечание. Для каждой группы лиц дана вероятность регистрации высоких (10—8), средних (7—4) и низких (3—0) баллов каждого фактора теста Кеттелла.

Таблица 6

Соотношение знака изменения глобальной ПСКБ на эмоциональные пробы и личностных свойств

Испытуемые	Фактор		Эмоциональная проба		
	С	М	Болевое раздражение	Ожидание болевого раздражения	Слайды
А. Р.	2	10	—	—	—
С. Н.	2	8	—	—	—
Н. Н.	6	9	—	—	—
С. Ч.	2	8	—	—	0
Т. Р.	1	9	—	0	—
И. З.	4	8	0	+	—
П. О.	5	8	0	0	0
В. К.	9	6	0	0	0
С. К.	5	7	+	+	+
М. К.	6	7	+	+	+
Т. П.	6	6	+	+	+

Примечание. Даны величины баллов факторов теста Кеттелла. Плюсом обозначено достоверное (по U-критерию Манна — Уитни, $P \leq 0,05$) повышение глобальной ПСКБ при пробе по сравнению с фоном; минусом — снижение; нулем — отсутствие достоверных сдвигов.

с личностными характеристиками эмоциональной сферы (табл. 6). У лиц с низкими оценочными баллами по фактору С (эмоционально нестабильный — эмоционально устойчивый) и высокими по фактору М (практичность — мечтательность), т. е. обладающих низким порогом фрустрации, эмоциональной лабильностью, раздражительностью, невротичностью, утомляемостью, повышенной экспрессивностью, взрывчатостью при дейст-

вии эмоционально значимых стимулов, отмечается снижение уровня глобальной ПСКБ по сравнению с фоном. Испытуемые с более высокими оценками по фактору С и более низкими по фактору М чаще, чем другие, демонстрируют усиление глобальной ПСКБ. Следовательно, качественная характеристика (знак реакции) этого показателя может быть использована наряду с психологическим тестированием при отборе кадров для выполнения работы, требующей устойчивости аффективных проявлений, высокого порога фрустрации. При этом дополнительно к показателю глобальной ПСКБ может учитываться признак реактивности ПСКБ передних корковых зон на отрицательные эмоциональные нагрузки. Наиболее типичным при эмоциональном воздействии отрицательного знака для них является снижение ПСКБ. Степень этого снижения различна у разных индивидуумов. Учитывая, что интеллектуальная деятельность, особенно продуктивного характера, сопровождается усилением ПСКБ именно в передних корковых зонах, можно считать, что наиболее конкурирующий (тормозящий умственную активность) эффект, производимый отрицательной эмоциональной стимуляцией, характерен прежде всего для лиц с яркой реакцией ослабления ПСКБ в передних корковых областях.

Таким образом, некоторые личные качества могут быть тестированы на основе показателей ПСКБ. Это связано с тем, что имеется связь их с локализацией в коре головного мозга фокусов максимальной синхронности потенциалов, а также с интенсивностью изменения ПСКБ на внешние воздействия.

4. Оценка процессуальных характеристик деятельности с помощью показателей ПСКБ

Оценка и прогнозирование работоспособности человека возможны только в рамках деятельностного подхода (Леонтьев, 1975), поскольку основные свойства, особенности личности, ее функционального состояния интегрируются и проявляются именно в деятельности и благодаря деятельности. Процессуальные параметры работы важны для профессиографии при описании действий и операций, входящих в структуру рабочего процесса. Однако данные для профессиографических измерений получают в настоящее время в основном с помощью наблюдений за протеканием деятельности, речевого отчета операторов о действиях (анкет, опросников, дневников специалистов и т. д.), объективной регистрации отдельных операций. Очень незначительную долю составляют показатели динамики работы мозга, соответствующей процессу реализации этапов работы, и это сказывается на результатах оценок. Например, напряженность во время деятельности зачастую определяется в соответствии с системой баллов, разработка которой основана на учете числа параллельно и последовательно действующих или преобразуемых факторов. Очевидна неполноценность получаемых при таком подходе дан-

ных. Во-первых, затрата энергии на переработку информации не всегда определяется количеством составляющих ее звеньев. Во-вторых, адаптационные механизмы значительно изменяют степень интеллектуальной напряженности в процессе обучения и деятельности. Поэтому необходимы количественные оценки мозговой активности при выполнении того или иного психического акта.

Известно, что нейрофизиологической основой деятельности является формирование функциональных систем, включающих различные сочетания активирующихся мозговых центров. Сложная структура функциональной системы включает в себя общие и специфические факторы. Первые, не связанные с качеством обрабатываемой информации, могут быть оценены с помощью показателей неспецифической активации мозга. Анализ вторых, имеющих непосредственное отношение к основным видам действий, операций по анализу информации, может производиться при учете характерной для каждого из них динамики активационно-нормозных процессов мозга. При определении процессуальных критериев интеллектуальной работоспособности с помощью ПСКБ нами оценивались как общие, так и специфические факторы мозговой активности.

Общий фактор, т. е. уровень активационных неспецифических сдвигов, увеличивающийся при возрастании напряженности интеллектуальной деятельности, может быть тестирован, как показали наши данные, по степени усиления глобальной ПСКБ (Ливанов, 1982, 1983; Свидерская и др., 1982; Свидерская, 1985). Более трудные и прагматически менее вероятные ситуации требуют для своего разрешения большего усиления глобальной ПСКБ, чем простые. Это выявлено с помощью ряда экспериментов. Так, в серии опытов испытуемым предлагались два задания на сравнение понятий и определения общего свойства двух предметов. При первом задании это были однородные, легко объединяемые на основе родового понятия предметы (например, стол и стул, роза и мак и т. д.). При втором задании семантическая отдаленность предметов друг от друга (например, кость и гриб, часы и река и т. д.) требовала для их объединения привлечения второстепенных, латентных признаков и свойств. Это создавало значительные трудности при выполнении второго задания. У всех испытуемых, принявших участие в данных экспериментах (10 человек), зарегистрирован достоверно (по U-критерию Манна — Уитни, $P \leq 0,05$) больший прирост ПСКБ при решении нетривиальных заданий. По усредненным данным, уровень глобальной ПСКБ (число высоких КК) в фоне составляет $11,6 \pm 0,6\%$, при решении заданий первой группы — $13,1 \pm 0,7\%$, при решении заданий второй группы — $16,1 \pm 0,7\%$.

Динамика изменений уровня глобальной ПСКБ при более дробном увеличении трудности заданий, использованном в другой серии экспериментов, оказалась довольно отчетливой. При решении испытуемыми самых легких заданий по подбору любых

Таблица 7

Изменение глобальной ПСКБ у различных испытуемых при выполнении вербальных заданий увеличивающейся степени трудности

Испытуемый	Проба					
	фон	первая	вторая	третья	четвертая	пятая
Л. Н.	$8,1 \pm 0,4$	$10,3 \pm 0,7$	$11,2 \pm 0,5$ Ф	$11,7 \pm 0,9$ Ф	$15,1 \pm 1,1$ Ф, 1, 2	$17,0 \pm 0,9$ Ф, 1, 2, 3
Л. С.	$12,4 \pm 0,8$	$12,7 \pm 1,0$	$15,8 \pm 1,2$	$21,1 \pm 1,0$ Ф	$20,7 \pm 1,5$ Ф, 1	$23,2 \pm 1,1$ Ф, 1, 2
Б. Н.	$7,4 \pm 0,5$	$8,2 \pm 0,8$	$8,0 \pm 1,3$	$10,0 \pm 1,0$	$13,8 \pm 1,3$ Ф, 1	$16,6 \pm 1,5$ Ф, 1, 2, 3
З. В.	$8,6 \pm 0,5$	$9,4 \pm 0,9$	$12,6 \pm 0,4$ Ф, 1	$15,0 \pm 1,0$ Ф, 1	$20,8 \pm 1,0$ Ф, 1, 2, 3	$16,2 \pm 1,5$ Ф, 1
Л. О.	$10,3 \pm 0,2$	$10,7 \pm 0,5$	$11,0 \pm 0,6$	$12,8 \pm 0,5$ Ф, 1	$14,5 \pm 0,9$ Ф, 1, 2	$15,6 \pm 1,5$ Ф, 1, 2
Т. В.	$10,4 \pm 0,9$	$12,7 \pm 0,5$	$18,7 \pm 1,0$ Ф, 1	$11,8 \pm 1,2$	$12,3 \pm 1,1$	$14,6 \pm 1,2$
Н. Н.	$11,9 \pm 0,4$	$17,7 \pm 0,7$	$19,2 \pm 1,5$ Ф	$18,6 \pm 0,6$ Ф, 1	$15,7 \pm 1,0$ Ф	$19,6 \pm 1,5$ Ф
М. Н.	$10,2 \pm 0,5$	$13,0 \pm 0,2$	$11,2 \pm 0,7$	$14,2 \pm 0,8$ Ф	$13,2 \pm 1,0$	$13,5 \pm 0,5$ Ф
С. Н.	$11,2 \pm 0,6$	$9,9 \pm 0,7$	$13,6 \pm 1,5$	$10,6 \pm 0,7$	$16,2 \pm 1,3$ Ф, 1, 3	$14,3 \pm 0,7$ Ф
С. Ж.	$10,5 \pm 0,5$	$12,7 \pm 0,8$	$12,6 \pm 0,9$	$15,7 \pm 1,3$ Ф	$17,3 \pm 1,4$ Ф, 1, 2	$18,6 \pm 1,5$ Ф, 1, 2

Примечание. Даны средние значения числа высоких КК (%) при каждой из пяти проб. Под ними отмечены фон (Ф) и номера проб, между которыми и данной реализацией регистрируются достоверные различия ($P \leq 0,05$).

трех слов наблюдается нерезкое и недостоверное по сравнению с фоном возрастание величин глобальной ПСКБ (табл. 7). При втором, более трудном задании (подборе трех слов на определенную букву) отмечается в ряде случаев достоверное возрастание ПСКБ. Решение третьего задания (подбор трех слов на определенную букву, стоящую на втором месте в слове) вызывает еще больший подъем ПСКБ. Четвертое (то же, что и третье задание, но с условием, что первая буква в трех словах должна быть разной) и особенно пятое, самое трудное задание (подбор слов на определенную букву, расположенную на третьем месте) сопровождаются дальнейшим ее увеличением. Суммарные данные (рис. 11) демонстрируют наличие почти линейной зависимости между трудностью задания и степенью возрастания ПСКБ. Кри-

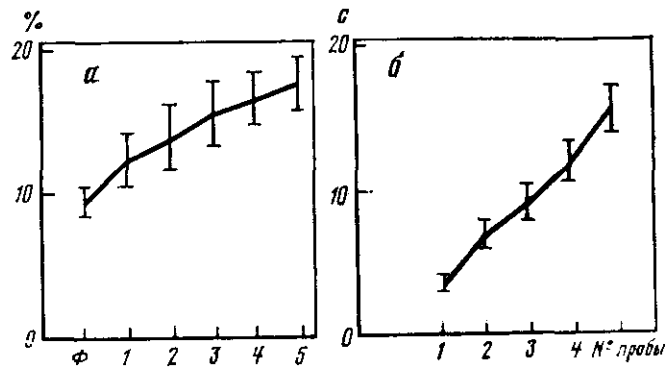


Рис. 11. Изменение уровня ПСКБ и латентных периодов ответов на вербальные задания увеличивающейся степени трудности

а — зависимость изменения числа высоких КК от трудности задания (суммарные данные по 10 испытуемым); б — зависимость латентных периодов ответов на задания увеличивающейся степени трудности; абсцисса — номер пробы; ордината: а — число высоких КК, %, б — величина латентного периода ответа, с

терием сложности задания является величина латентных периодов ответов на них.

Таким образом, уровень глобальной ПСКБ, отражающий неспецифические активационные сдвиги, может быть использован как критерий напряженности интеллектуальной деятельности. Чувствительность и межиндивидуальная вариабельность этого показателя делают его пригодным при тестировании «биологической цены» психического акта для каждой отдельной личности. Так, общая тенденция к возрастанию глобальной ПСКБ по мере усложнения задания не исключает своеобразия индивидуальной динамики этого показателя (см. табл. 7). Наряду с кривыми указанной зависимости, соответствующими усредненным кривым, зарегистрированы случаи, где подъем ПСКБ происходит лишь до определенного уровня. Далее по мере усложнения заданий ПСКБ остается на прежних величинах или даже снижается. Это отмечается у испытуемых, которые, будучи сотрудниками лаборатории, больше, чем прочие, адаптированы к обстановке эксперимента и условиям задания, что позволяет им легче решать предъявляемые задания. Следовательно, чем проще для индивидуума деятельность, тем меньше усиление ПСКБ. Ее резкое возрастание свидетельствует о том, что выполняемое задание осуществляется данным лицом с напряжением либо из-за отсутствия тренированности, навыков для его выполнения, либо способностей к данному виду деятельности. Это дает основание предложить показатель степени увеличения глобальной ПСКБ в качестве критерия при определении профессиональной пригодности кадров.

Отсутствие унитарности в понятиях интеллектуальной способности и интеллектуальной работоспособности обусловлено в значительной мере специфичностью протекания различных видов

интеллектуальной деятельности. Поэтому оценка специфического фактора как качественного критерия деятельности имеет при прогнозировании ее эффекта особое значение. Исследование процессуальных нейрофизиологических параметров специфики деятельности может опираться на выработанные в настоящее время принципы организации психических актов, среди которых важными являются следующие (Завалишина, 1983):

- 1) функциональная гетерогенность, т. е. различная роль компонентов функциональной системы (функциональных звеньев, блоков) в организации поведенческого акта;
- 2) функциональная гетерохронность, т. е. временная последовательность (этапы функционирования) включения компонентов системы;
- 3) упорядоченность, т. е. определенная направленность в реализации компонентов функциональной системы.

При оценке гетерогенности функциональных звеньев системы поведенческого акта с помощью показателей ПСКБ необходимо выделять корковые области с наибольшим повышением синхронности потенциалов во время реализации того или иного вида деятельности. Высокая вероятность возникновения локальных синхронных процессов в различных отделах коры является признаком специфичности организации функциональной системы. Об этом свидетельствуют полученные нами данные исследования локальной ПСКБ при известных с точки зрения нейропсихологической структуры психических актов. Динамические показатели локальной ПСКБ обеспечивают учет гетерохронности и упорядоченности включения звеньев функциональной системы. Поэтому формирование и анализ пространственно-временных карт синхронности биоэлектрических процессов позволяют исследовать динамическую структуру активности мозга как основу организации поведенческого акта или отдельных его этапов.

С помощью таких карт нами исследованы особенности функциональных взаимоотношений в коре головного мозга при двух видах интеллектуальной деятельности: вербально-продуктивной и образно-продуктивной (Свидерская и др., 1980а). При изучении первой из них моделировался многоэтапный процесс восприятия и переработки вербальной информации. Испытуемым предъявлялось (на слайде) какое-либо слово, для которого нужно было придумать два однокоренных и из трех полученных слов составить предложение. Например, на слово «мастерок» можно было составить предложение «мастер мастерит мастерком» и т. д. Далее требовалось произнести полученное предложение про себя и вслух. В психической деятельности, протекающей от момента показа слайда до речевого отчета, были выделены три качественно различных последовательных этапа: первый — восприятие слова, второй — осуществление продуктивного речевого процесса, третий — произнесение фразы в уме и подготовка к артикуляции. Все эти этапы были различными по характеру, сложности и длительности протекания. Временные границы их хрономе-

трировались. Время восприятия слова вычислялось от момента включения слайда до сигнала испытуемого о том, что он прочитал слово. Для определения момента окончания второго этапа испытуемых просили сигнализировать, как только возникнет первое представление об ответе. Временная точка окончания третьего этапа устанавливалась по миограмме мышц лица как начало формулирования речевого ответа. Необходимо отметить, что при всей тщательности замеров эти значения оценивались как приблизительные, а границы между ними — как зоны переходов. Это связано с тем, что сложные реакции не образуются путем сложения простых. Время протекания непрерывно развивающегося процесса может лишь частично соответствовать длительности более элементарных актов.

При моделировании образно-продуктивной деятельности исходная информация подавалась также посредством слайдов. Задание заключалось в том, что с помощью отдельных простых элементов нужно было составить целостное зрительное изображение. Такими элементами были, например, части зонта (купол и трость), части гриба (ножка и шляпка). Испытуемый получал инструкцию, согласно которой, восприняв нарисованные элементы, он должен был сконструировать из заданных частей целое, вербализовать предмет, назвать его про себя и вслух. В данной деятельности выделены также три этапа: первый — восприятие изображений, второй — конструирование объекта, третий — проговаривание про себя и подготовка к артикуляции. Этот вид деятельности сопоставим с моделируемым вербально-продуктивным. Оба они продуктивны по своему характеру. Их начало задается зрительным предъявлением информации и заканчивается словесным формулированием. Основное различие касается второго этапа, где в одном случае происходит оперирование вербальным материалом, а в другом — образным. Именно на этом отрезке времени можно ожидать основные различия паттернов ПСКБ.

Динамика ПСКБ в процессе деятельности оценивалась на основе карт вероятности синхронизации биоэлектрической активности в микроинтервалах времени, равных 170 мс. На этих микроинтервалах подсчитывалось количество дискретных отсчетов (из 10, входящих в микроинтервал) с абсолютным совпадением фаз биопотенциалов. Это совпадение оценивалось по разработанной нами методике кодирования фаз на основе трех признаков: абсолютного знака, знака первой производной по времени слева и справа. Динамические паттерны ПСКБ формировали в результате анализа скоррелированности потенциалов в 20 корковых зонах (рис. 12). На основании исследования таких паттернов можно было судить о динамике процессов у каждого испытуемого во время выполнения деятельности. Для выявления устойчивых зон активации по совокупности проб и испытуемых производилось формирование общих для группы карт изменения ПСКБ на разных этапах деятельности, для чего подсчитывалась вероят-

ность регистрации микроинтервалов с высокой синхронностью (с абсолютным совпадением фаз не менее чем в 60% времени).

При анализе карты, относящейся к вербально-продуктивной деятельности (рис. 12), можно отметить, что имеется отчетливая тенденция к перераспределению зон с высокой ПСКБ при переходе от одного этапа к другому. На первом этапе деятельности вовлеченными оказываются лобные и височные области левого полушария, а также теменная правого. Такая особенность динамической структуры ПСКБ объяснима, если учесть значение левых и частично правых теменно-затылочных зон в восприятии словесной информации, а лобных в формировании программ деятельности и регуляции целенаправленного поведения. На втором этапе максимальная вероятность высокой ПСКБ наблюдается в теменных и затылочных областях левого полушария. Левая височная область также остается активной почти до конца данного этапа. В этот период деятельности наиболее выражены индивидуальные особенности организации биоэлектрических процессов. Они состоят в преимущественном включении у одних испытуемых теменных областей левого полушария, у других заднелобных. Выделяется также смешанный вариант, при котором в равной мере вовлечены в деятельность и те и другие. Наблюдаемые варианты паттернов синхронизации могут отражать разные способы переработки вербальной информации, а также организации продуктивного и внутриречевого процессов, играющих существенную роль на этом этапе. На третьем этапе отмечаются ослабление ПСКБ в теменных областях и повышение в центральных. К концу периода происходит «подключение» переднелобных зон, особенно левого полушария. Это соответствует представлениям об организации любого психического акта по общим принципам работы функциональных систем, необходимым звеном которых является сличение полученного результата с исходным условием задачи. Переднелобные области принадлежат к образованиям, обслуживающим этот акт.

При выполнении образно-продуктивной деятельности (рис. 13) уже на первом этапе, несмотря на сходство в распределении в коре зон высокой ПСКБ с регистрируемым при вербально-продуктивной деятельности, имеются и отличия. Наибольшая выраженность ПСКБ отмечается в теменных и височных зонах правого полушария. Так как эти зоны особенно существенны для анализа образного материала, можно считать, что динамика мозговых процессов с самого начала деятельности упорядочена и подчинена основной цели — конструированию объекта. Различия паттернов синхронизации становятся наиболее заметными при переходе ко второму этапу. Существуют особенности и на третьем этапе: большее по сравнению с первой моделью усиление ПСКБ во всех зонах коры.

Во время протекания каждого этапа деятельности наряду с зонами, имеющими особое отношение к функциональной организации данного акта, подключаются и многие другие. Мозаич-

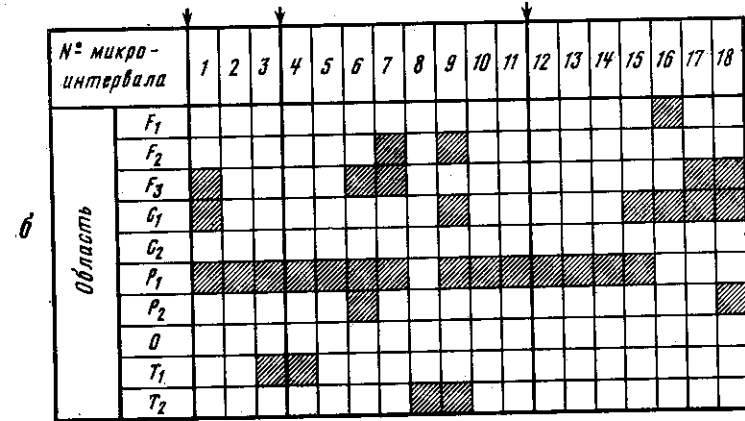
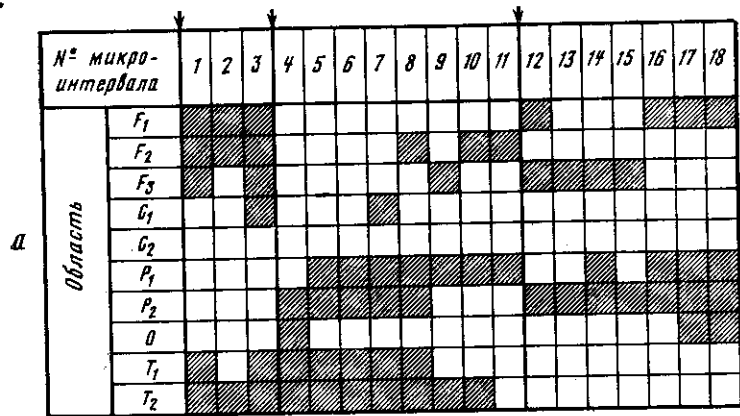


Рис. 12. Структура динамической организации ПСКБ во время «вербально-продуктивной» деятельности

Представлены карты динамики локальных синхронных процессов на разных этапах выполнения задания (начало этапов обозначено стрелками); по горизонтали — 18 проанализированных микроинтервалов (длительностью по 170 мс); по вертикали — зоны коры головного мозга: F — лобные, С — центральные, Р — теменные, О — затылочные, Т — височные; а — левое полушарие, б — правое полушарие; черным обозначены области с высокой ПСКБ у 70% и более испытуемых (из 10 обследованных)

ность изменений ПСКБ особенно выражена на втором этапе, наиболее специфическом и сложном. В это время, вероятно, необходима активация не только устойчивых, долговременных звеньев функциональной системы, но и быстрое переключение активности с одного анализатора на другой (функционационирование как «жестких», так и «гибких» звеньев в системе обеспечения психической деятельности, по Бехтеревой, 1974).

На примере анализа динамики синхронности биоэлектрических процессов при двух видах деятельности можно оценить значение исследования пространственно-временных карт функциональной активности мозга. Формирование таких карт для груп-

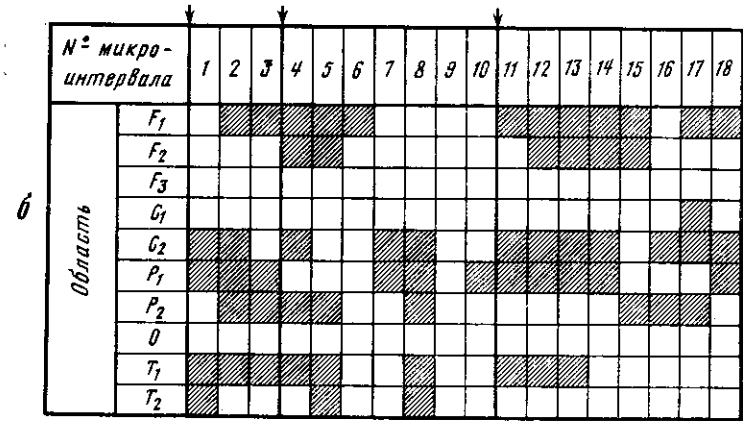
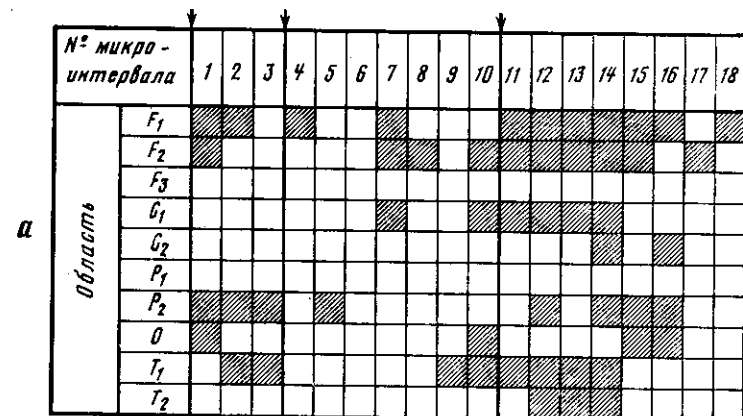


Рис. 13. Структура динамической организации ПСКБ при «образно-продуктивной» деятельности

Обозначения те же, что на рис. 12

пы лиц может способствовать определению при каждом виде деятельности наиболее вероятной динамики мозговых процессов. Индивидуальные карты способны служить для оценки вариантов нейродинамических сдвигов, для поисков наиболее целесообразного и адекватного с точки зрения эффективности деятельности паттерна ПСКБ.

Особенно благоприятным для успешного выполнения операций, как показали полученные данные, являются паттерны с усиленными специфическими локальными синхронными процессами. Так, выявлено, что при правильных ответах испытуемых при обучении их вербальному материалу (так называемому искусственному языку) в коре головного мозга складывается определенная мозаика повышения и снижения ПСКБ. В этих экспериментах исследовали биоэлектрическую активность при достижении 50%-

ного уровня распознавания семантически значимых и незначимых слов. После вычитания из кросс-корреляционных матриц, зарегистрированных при правильных ответах, аналогичных матриц, принадлежащих ошибочным ответам, определяли области максимальных различий в интенсивности прироста ПСКБ. В результате формирования и анализа карт наиболее вероятного распределения ПСКБ для группы испытуемых выявлено, что при правильных ответах как в случае распознавания семантически значимых, так и незначимых слов определяется довольно гомогенная зона повышения ПСКБ в височно-теменно-затылочных областях левого полушария (рис. 14, 1, 2). Согласно нейропсихологическим данным, эти отделы коры головного мозга особенно существенны для анализа, запоминания и воспроизведения вербального материала (Milner, 1962; Попова, 1979), т. е. наиболее специфичны для переработки вербальной информации. Следовательно, их активация необходима для успешной реализации предлагаемых испытуемым заданий.

При неправильных ответах повышение ПСКБ зарегистрировано в менее специфичных для данного вида деятельности корковых зонах.

Во время другой деятельности — подсчета количества букв в предложении — отмечено иное распределение зон возрастания ПСКБ (рис. 14, 3).

Таким образом, локальная ПСКБ отражает условия эффективного протекания деятельности. Показатель глобальной ПСКБ при этом менее значим. Так, в описанных экспериментах обнаружено, что число случаев с ее достоверным усилением при правильных и неправильных реализациях заданий приблизительно одинаково.

Сложность взаимоотношений между глобальной ПСКБ и эффективностью деятельности особенно отчетливо проявилась в экспериментах, целью которых было исследование сдвигов ПСКБ при краткосрочной памяти (Васильев и др., 1986а, б). Ее успешность оценивали методом частичного воспроизведения. В первой из двух проведенных серий экспериментов испытуемым последовательно предъявляли пять символов. В течение последующих 8 с испытуемый должен был помнить предъявленные символы. Об успешности запоминания судили по времени правильного ответа на предъявление тест-символов (нужно было определить его наличие или отсутствие среди пяти предложенных символов). Удлинение латентного периода ответа расценивали как ухудшение запоминания. Во второй серии вместо пяти предъявляли семь символов. В данном случае критерием успешности запоминания служило количество правильных и неправильных ответов на тест-символ. Исследовали ПСКБ между потенциалами симметричных точек лобной и задней трети височных (центры Вернике) областей больших полушарий за две 4-секундные эпохи анализа (от момента предъявления последнего из символов, подлежащих запоминанию, до предъявления тест-символа).

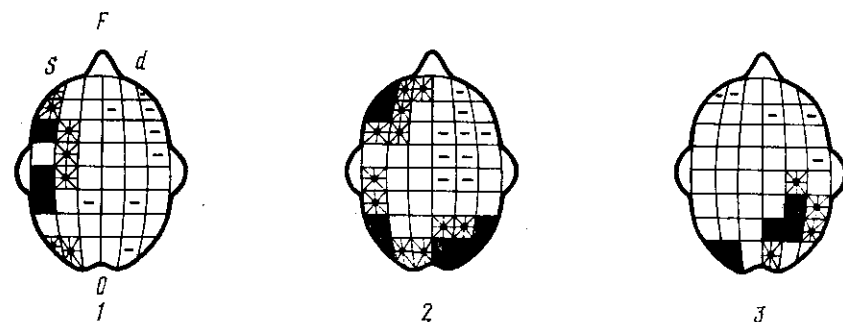


Рис. 14. Локализация в коре зон с максимальным увеличением ПСКБ при правильном и ошибочном воспроизведении испытуемыми вербального материала. Представлены карты вероятности регистрации максимальных различий увеличения ПСКБ при правильном и неправильном воспроизведении семантически значимого (1) и семантически незначимого (2) материала, а также при подсчете количества букв в предложении (3); черным обозначены пункты с наибольшей вероятностью ($\geq 70\%$) максимального прироста ПСКБ при правильных ответах по сравнению с неправильными; жучком — то же, с вероятностью $\geq 60\%$; минусами отмечены точки, в которых регистрировался максимальный прирост ПСКБ при ошибочных ответах с вероятностью $\geq 60\%$.

При анализе материала для каждой серии экспериментов выделены две группы испытуемых. В первой серии в первую группу вошли лица, хорошо знакомые с обстановкой экспериментов (облегченные условия деятельности), во вторую — менее привычные к ней (более трудные условия деятельности). Во второй серии экспериментов первую группу составляли испытуемые, делающие мало ошибок, вторую — много. Отмечено, что между величинами КК при коротком и длинном времени ответов у испытуемых первой группы в первой серии опытов в большинстве случаев нет достоверных различий. У субъектов, относящихся ко второй группе, наблюдается достоверный рост значений КК при удлинении времени ответа. Во второй серии прослеживаются иные соотношения. У испытуемых первой группы КК между потенциалами большинства пар отведений достоверно выше при плохом запоминании по сравнению с хорошим. Во второй группе достоверные отличия величин КК почти во всех парах отведений отсутствуют. Следовательно, различия в уровне ПСКБ при успешной и неуспешной деятельности проявляются далеко не всегда: они отсутствуют как при наиболее легких, так и при наиболее трудных условиях деятельности (табл. 8).

Таким образом, более надежные результаты могут быть получены при оценке эффективности деятельности по показателю локальной, а не глобальной ПСКБ. Выявление специфических локальных областей повышения ПСКБ — трудоемкая, но достаточно существенная операция, поскольку естественная или искусственная их стимуляция может быть полезной для создания условий оптимизации деятельности.

Таблица 8

Направленность изменений средних значений КК при плохом запоминании по сравнению с хорошим

Серия	Группа	Отведение							
		Лл—Вл		Лп—Вп		Лл—Лп		Вл—Вп	
		Эпоха анализа							
		1	2	1	2	1	2	1	2
Первая	Первая	0	0	0	—	—	—	0	0
	Вторая	+	+	+	+	0	0	+	+
Вторая	Первая	+	0	+	+	0	0	+	+
	Вторая	—	0	0	0	—	—	0	0

Примечание. 0 — отсутствие достоверных различий КК при плохом и хорошем запоминании; плюс — КК при плохом запоминании достоверно выше, чем при хорошем; минус — КК при плохом запоминании достоверно ниже, чем при хорошем; Лл — левая лобная область; Лп — правая лобная область; Вл — левая височная область; Вп — правая височная область.

Возможность контроля локальной ПСКБ для подбора комплекса стимулирующих средств выявлена нами в проведенной серии экспериментов с использованием модели оптимизации обучения английскому языку по методике ритмопедии (Бурденюк и др., 1977). Основной отличительной особенностью этой методики является комплексное воздействие через различные информационные каналы (зрительный, слуховой), что делает процесс обучения более результативным. По данным авторов методики, объем усвоенной информации превышает в 2—3 раза традиционные нормы.

Для проведения этих экспериментов была смоделирована в лабораторных условиях учебная обстановка для ввода информации. Комплекс раздражителей, создающих фон предъявляемым словам английской речи, включал музыкальное сопровождение, ритмический звук (1 Гц), ритмический свет, подаваемый синхронно со звуковым.

В наших экспериментах (Свидерская, 1985) каждому испытуемому предъявлялось по 20—30 фраз английской речи либо изолированно, либо на фоне различных комбинаций раздражителей. Исследованы шесть ситуаций: фон (ситуация 1); английская речь (ситуация 2); английская речь и музыка (ситуация 3); английская речь, музыка, звук (ситуация 4); английская речь, музыка, свет (ситуация 5); полный комплекс: английская речь, музыка, звук, свет (ситуация 6). Путем вычитания друг из друга картин распределения в коре ПСКБ, зарегистрированных во время исследования этих ситуаций, можно было выяснить роль каждого из факторов и их комбинаций в обеспечении условий оптимизации обучения.

Оказалось, что смысл присоединения музыкального сопровождения к английской речи состоит в нормализации в коре

головного мозга процессов неспецифической активации. Так, обнаружена обратная линейная зависимость ($КК = -0,9$, $m = 0,06$) между интенсивностью изменения глобальной ПСКБ обучающихся при прослушивании изолированной английской речи и эффектом подключения музыки (рис. 15). Чем выше подъем ПСКБ в ситуации 2 по сравнению с ситуацией 1, тем больше ее снижение в ситуации 3 по сравнению с ситуацией 2. Испытуемые, которые реагируют сильным подъемом глобальной ПСКБ при запоминании изолированной английской речи, во время сочетанного действия ее с музыкой оказываются наиболее подверженными снижению ПСКБ. Напротив, лица, у которых регистрируется снижение глобальной ПСКБ во время подачи изолированных английских фраз, при добавлении музыкального сопровождения демонстрируют максимальное ее повышение. Следовательно, музыка, служащая фоном для введения учебной информации, сглаживает интенсивность реакции обучающихся, ослабляя ее в случае избыточности и усиливая при недостаточности. Это действие музыкального сопровождения может быть оценено как положительное, если учесть, что наибольшая эффективность деятельности связана не с максимальным, а со средним уровнем активационных сдвигов, и зависимость между эффективностью деятельности и активацией носит характер инвертированной U-образной кривой.

Ритмический звук ослабляет положительное действие музыкального сопровождения. При добавлении его зависимость интенсивности реакции ПСКБ на подключение музыки от характера изменения синхронности на предъявление изолированной английской речи становится недостоверной (рис. 15, 2). Световое раздражение меньше, чем звук, ослабляет эффект музыкального сопровождения. Достоверность упомянутой зависимости сохраняется, хотя она становится слабее ($КК = -0,68$, $m = 0,14$, рис. 15, 3). При действии комплекса раздражителей корректирующее влияние музыкального сопровождения также несколько меньше, чем в отсутствии звука и света ($КК = -0,66$, $m = 0,18$, рис. 15, 4). При этом отмечено, что совместная подача этих афферентных стимулов сглаживает эффекты, производимые каждым из них при изолированном предъявлении (в ситуациях 4 и 5). Чем сильнее реакция усиления ПСКБ на добавление одного из этих раздражений, тем более выраженные ответы противоположного знака вызывает присоединение другого (в ситуации 6). Эта зависимость указывает на возможность ослабления вредных влияний афферентных раздражителей на оптимизацию активационных процессов (достигаемую в применяемой нами модели с помощью музыкального сопровождения) благодаря сочетанному их действию. С точки зрения конечного эффекта комплексное воздействие стимулов по сравнению с изолированным влиянием предъявления учебной информации существенно для нормализации и коррекции неспецифических мозговых процессов. Сглаживание реакций, приближение их к определенному, по-видимому, сред-

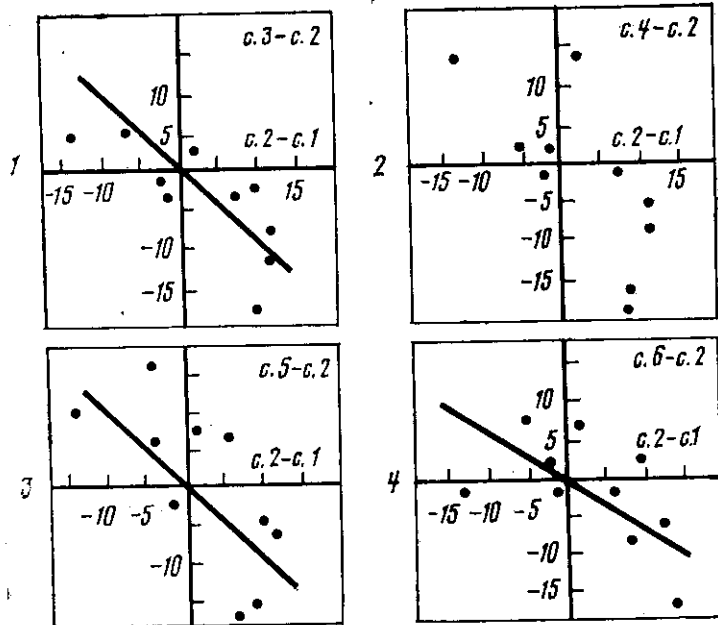
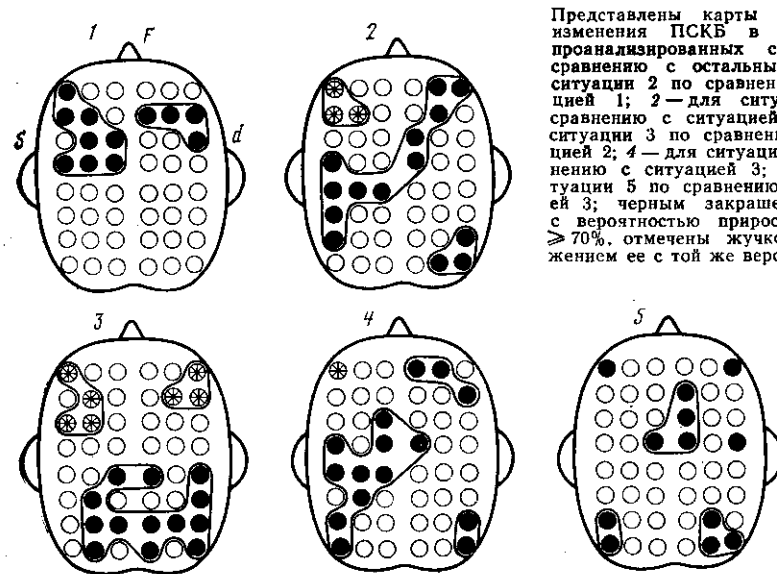


Рис. 15. Взаимосвязь между степенью усиления глобальной ПСКБ при предъявлении испытуемым изолированной английской речи и ее изменением при присоединении различных факторов комплекса

Представлены графики линейной зависимости между показателем глобальной ПСКБ в ситуации 2 по сравнению с ситуацией 1 (по абсциссе) и этим же показателем для других ситуаций по сравнению с ситуацией 2: 1 — для ситуации 3; 2 — для ситуации 4; 3 — для ситуации 5; 4 — для ситуации 6 (по ординате); точки — отдельные наблюдения, прямая линия — линия регрессии

нему уровню создают оптимальные условия для восприятия и запоминания информации.

Существенные различия между эффектами двух способов предъявления информации связаны с изменением локальной ПСКБ. При действии изолированной английской речи сдвиги ее по сравнению с фоном характеризуются наибольшей вероятностью усиления в передних корковых отделах (рис. 16, 1). Во время комплексного предъявления материала по сравнению с изолированной подачей английских фраз структура несколько иная. Отмечается увеличение ПСКБ в целом ряде корковых зон: передних правых, центральных и особенно левых височно-теменных (рис. 16, 2). Для того чтобы представить, за счет действия каких факторов формируются отмеченные сдвиги ПСКБ, произведено сопоставление топографических картин синхронных процессов для ряда ситуаций. Для ситуации 3 по сравнению с ситуацией 2 локальные перестройки ПСКБ характеризуются снижением ее в лобных областях, особенно левого полушария (рис. 16, 3). Действие, оказываемое ритмическим звуком на структуру корко-



Представлены карты вероятности изменения ПСКБ в каждой из проанализированных ситуаций по сравнению с остальными: 1 — для ситуации 2 по сравнению с ситуацией 1; 2 — для ситуации 6 по сравнению с ситуацией 2; 3 — для ситуации 3 по сравнению с ситуацией 2; 4 — для ситуации 4 по сравнению с ситуацией 3; 5 — для ситуации 5 по сравнению с ситуацией 3; черным закрашены пункты с вероятностью прироста ПСКБ $\geq 70\%$, отмечены жучком — со снижением ее с той же вероятностью

Рис. 16. Изменение локальной ПСКБ при обучении английскому языку по методу ритмопедии

вых процессов, напоминает эффект комплекса раздражений (рис. 16, 4). Свет провоцирует разнообразные индивидуальные реакции, и зоны с наибольшей вероятностью повышения и снижения ПСКБ не столь четко контурированы, как при присоединении звука (рис. 16, 5).

На основании проведенного анализа можно думать, что формирование различий в структуре активационных процессов при действии комплекса стимулов по сравнению с изолированным предъявлением английской речи складывается под влиянием всех его составляющих, но особое значение имеет звук. Он создает сдвиги ПСКБ в височно-теменных областях левого полушария, которые, как уже отмечено, специфичны для процесса переработки вербальной информации. Интересным является факт усиления ПСКБ в условиях оптимизации обучения в передних областях правого полушария. Судя по полученным нами данным, такие перестройки синхронности потенциалов закономерны в ситуации неопределенности и информационного дефицита. Возможно, они обусловлены изменением мозговых процессов в связи с сокращением количества интеллектуальных операций и сужением зоны поиска при решении задач (Карпов, 1979). Можно думать, что наличие в структуре изменений ПСКБ таких проявлений служит признаком формирования условий, способствующих ускорению обучения.

Таким образом, в процессе формирования оптимальных условий обучения происходят, во-первых, стабилизация уровня акти-

вазии мозговых процессов, во-вторых, возникновение очага локальной активации, являющегося важным механизмом деятельности функциональной системы. Показатели ПСКБ позволяют осуществлять контроль за этими сдвигами и усиление их благодаря подбору определенного комплекса стимулов. Анализ влияния каждого фактора комплекса с помощью глобальной и локальной ПСКБ дает возможность исключать или нивелировать те из них, которые оказывают слишком интенсивное воздействие на общие активационные процессы и слабое — на специфические мозговые сдвиги. Нужно полагать, что любые разработки методов оптимизации и интенсификации обучения следует базировать на данных анализа специфических и неспецифических проявлений мозговой активности, которые могут быть оценены при использовании системных показателей ПСКБ.

Итак, исследование процессуальных характеристик деятельности, являющихся существенными при определении уровня работоспособности человека, позволило установить роль глобальной ПСКБ как индикатора интенсивности активационных сдвигов, напряженности мозговых процессов, усиливающейся в связи с усложнением деятельности. Оптимальным условием для успешной реализации работы является индивидуальный (для каждого человека и вида деятельности) уровень ПСКБ. Его определение и контроль во время деятельности очень важны для решения вопроса о стимуляции мозговой активности при восстановлении функционального состояния оператора. Дополнительная стимуляция на фоне высокой ПСКБ может снизить эффективность работы и вызвать развитие пограничных функциональных состояний. Особое значение для прогнозирования эффективности деятельности и разработки способов ее оптимизации имеет регистрация локальных процессов ПСКБ, которые представляют собой специфические для каждого вида психической деятельности изменения функциональной системы. Управление этими процессами может быть перспективным звеном в решении проблемы повышения эффективности деятельности, уменьшения «биологической цены» различных форм интеллектуальной работы.

Заключение

Разрабатываемые с помощью показателей ПСКБ критерии оценки интеллектуальной работоспособности человека касаются определения уровня функционального состояния, личностных свойств и процессуальных параметров деятельности.

Функциональное состояние может быть охарактеризовано уровнем глобальной ПСКБ, спектрально-когерентными параметрами биоэлектрических процессов, а также паттернами асимметрии ПСКБ. Комплекс этих показателей позволяет оценивать как флюктуации функционального состояния в период времени, непосредственно предшествующий восприятию и переработке информации, так и текущее изменение активности мозга, обуслов-

ливающее общий тонус и готовность человека к деятельности, его эмоциональное состояние. Контролируемым с помощью такого метода является и переход к патологическим процессам (пограничным состояниям, состояниям повышенной пароксизмальной готовности и т. д.).

Критерии оценки личностных свойств субъектов основаны на наличии в коре зон наибольшей активированности (фокусов максимальной синхронности потенциалов), локализация которых варьирует в зависимости от психологического профиля, а также на характере индивидуальных реакций ПСКБ на внешние воздействия.

Напряженность деятельности может оцениваться по степени изменения глобальной ПСКБ, так как существует прямая зависимость между увеличением трудности выполняемых заданий и интенсивностью роста синхронности корковых потенциалов. Наличие индивидуальных особенностей этой зависимости дает возможность предложить данный критерий в качестве индикатора способности и тренированности субъекта к определенному виду деятельности.

Показателем эффективности работы может служить степень усиления локальной ПСКБ в наиболее специфических для каждого из ее видов корковых зонах. Условием оптимизации интеллектуальной деятельности, ускоренного обучения, является уравновешивание интенсивности глобальных и локальных сдвигов ПСКБ, поэтому их контроль необходим при оценке тех мозговых перестроек, которые лежат в основе повышения работоспособности человека.

Учет динамических паттернов ПСКБ во время деятельности очень существен для выявления наиболее трудных ее элементов, при сравнительной оценке различных видов деятельности, составлении алгоритмов трудового процесса, исследовании индивидуальных особенностей работы операторов с целью разработки рекомендаций по профессиональному отбору и т. д. Этот широкий круг возможностей использования показателей ПСКБ для психофизиологического анализа работоспособности человека подчеркивает важное значение внедрения их в практику организации трудового процесса.

Литература

- Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 547 с.
- Бехтерева Н. П. Нейрофизиологические аспекты психической деятельности человека. Л.: Медицина, 1974. 151 с.
- Бурденюк Г. М., Маркман Я. И., Рабицев Л. Я. и др. Из опыта применения ритмопедии для интенсификации процесса обучения иностранным языкам // Методы интенсивного обучения иностранным языкам. М.: Педагогика, 1977. С. 162.
- Васильев Я. А., Королькова Т. А. Исследование функционального значения пространственной синхронности потенциалов неокортекса при повышенном уровне активации головного мозга // Физиология человека. 1982. Т. 8, № 1. С. 3—10.

- Засильев Я. А., Королькова Т. А., Островская Е. Э.* Спектрально-корреляционные характеристики ЭЭГ при тестировании на краткосрочную память. Сообщ. I. Исследование спектрально-корреляционных параметров потенциалов неокортекса человека при правильном кратковременном запоминании//Там же. 1986а. Т. 12, № 3. С. 355—360.
- Засильев Я. А., Королькова Т. А., Островская Е. Э.* Спектрально-корреляционные характеристики ЭЭГ при тестировании на кратковременную память. Сообщ. II. Исследование спектрально-корреляционных параметров потенциалов неокортекса при правильном и ошибочном кратковременном запоминании//Там же. 1986б. Т. 12, № 5. С. 803—809.
- Цанилова Н. Н.* Функциональные состояния: Механизмы и диагностика. М.: Изд-во МГУ, 1985. 287 с.
- Цоскин В. А., Лаврентьева Н. А., Мирошеников М. П., Шарай В. Б.* Тест дифференцированной самооценки функционального состояния//Вопр. психологии. 1973. № 6. С. 141—145.
- Завалишанин Д. И.* Системный анализ мышления//Психол. журн. 1983. Т. 4. № 3. С. 3—11.
- Зараковский Г. М.* Психофизиологический анализ трудовой деятельности. М.: Наука, 1966. 113 с.
- Карпов А. В.* Исследование деятельности человека-оператора в условиях информационного дефицита//Проблемы индустриальной психологии. Ярославль: Изд-во Яросл. ун-та, 1979. С. 36—48.
- Королькова Т. А.* Анализ функционального значения пространственной синхронности фоновых потенциалов неокортекса кролика: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1977. 42 с.
- Королькова Т. А., Кориневский А. В., Васильев Я. А.* Соотношение характеристик предстимульных ЭЭГ и времени реакции выбора//Физиология человека. 1981. Т. 7, № 5. С. 928—931.
- Королькова Т. А., Труш В. Д.* Функциональное состояние ЦНС при экстремальных уровнях пространственной синхронности фоновых потенциалов неокортекса кролика//Журн. высш. нерв. деятельности им. И. П. Павлова. 1980а. Т. 30, № 3. С. 567—574.
- Королькова Т. А., Труш В. Д.* Исследование функционального значения пространственной синхронности фоновых потенциалов неокортекса. Сообщ. I. Характер электрической активности неокортекса при экстремальных уровнях скоррелированности ЭЭГ различных областей//Физиология человека. 1980б. Т. 6, № 3. С. 387—394.
- Королькова Т. А., Труш В. Д.* Исследование функционального значения пространственной синхронности фоновых потенциалов неокортекса. Сообщ. II. Значение уровня пространственной синхронности корковых потенциалов для времени простой реакции//Там же. 1980в. Т. 6, № 3. С. 395—401.
- Королькова Т. А., Труш В. Д., Кориневский А. В.* и др. Соотношение между характеристиками предстимульной ЭЭГ и экстремальным временем сенсомоторной реакции//Там же. 1984. Т. 10, № 6. С. 951—958.
- Королькова Т. А., Труш В. Д., Тишанинова Л. В., Белявский Е. М.* Синхронность между потенциалами различных образований головного мозга при различной скоррелированности потенциалов неокортекса//Функциональное значение электрических процессов головного мозга. М.: Наука, 1977. С. 34—42.
- Кулагин Б. В.* Основы профессиональной психодиагностики. Л.: Медицина, 1984. 216 с.
- Леонтьев А. Н.* Деятельность, сознание, личность. М.: Политиздат, 1975. 304 с.
- Ливанов М. Н.* Применение электронно-вычислительной техники к анализу биоэлектрических процессов головного мозга//Биологические аспекты кибернетики. М.: Изд-во АН СССР, 1962а. С. 112—121.
- Ливанов М. Н.* Пространственный анализ биоэлектрической активности головного мозга//Журн. высш. нерв. деятельности им. И. П. Павлова. 1962б. Т. 12, № 3. С. 399—409.
- Ливанов М. Н.* Электронно-вычислительная техника в изучении головного мозга: (О некоторых возможностях применения ЭВМ в электрофизиологическом эксперименте)//Вестн. АН СССР. 1968. № 7. С. 60—68.

- Ливанов М. Н.* Некоторые итоги изучения корковых связей//Проблемы современной физиологической науки. Л.: Наука, 1971. С. 54—70.
- Ливанов М. Н.* Пространственная организация процессов головного мозга. М.: Наука, 1972. 182 с.
- Ливанов М. Н.* Пространственная синхронизация биопотенциалов коры головного мозга и ее функциональное значение//Современные аспекты на изучение мозжка: Материалы от национальна школа за млади научни работници, 25—29 септ. 1978 г., Варна, София, 1980. С. 4—35.
- Ливанов М. Н.* О функциональном значении некоторых подкорковых образований//Успехи физиол. наук. 1981. Т. 12, № 3. С. 3—21.
- Ливанов М. Н.* Э. Электроэнцефалограмма и мышление//Психол. журн. 1982. Т. 3, № 2. С. 127—137.
- Ливанов М. Н.* Умственное напряжение и его отражение в биопотенциалах коры//XIV съезд Всесоюз. физиол. о-ва им. И. П. Павлова, Баку, 1983. Л.: Наука, 1983. С. 5.
- Ливанов М. Н., Ананьев В. М.* Электроэнцефалоскопия. М.: Медгиз, 1959. 108 с.
- Ливанов М. Н., Гаврилова Н. А., Асланов А. С.* Взаимные корреляции между различными участками коры головного мозга человека при умственной работе//Журн. высш. нерв. деятельности им. И. П. Павлова. 1964. Т. 14, № 2. С. 185—192.
- Ливанов М. Н., Гаврилова Н. А., Асланов А. С.* Корреляция биопотенциалов в лобных отделах коры головного мозга человека//Лобные доли и регуляция психических процессов: Нейропсихол. исслед. М.: Наука, 1966а. С. 176—189.
- Ливанов М. Н., Гаврилова Н. А., Чемоданов В. Н.* К вопросу о функциональной значимости синхронизации биопотенциалов коры головного мозга у человека//Нейрофизиология. 1970. Т. 2, № 2. С. 166—172.
- Ливанов М. Н., Жадин М. Н., Крейцер Г. П., Труш В. Д.* Использование ЭЦВМ для постановки управляемого электрофизиологического эксперимента//Биофизика. 1966б. Т. 11, № 2. С. 306—313.
- Ливанов М. Н., Жадин М. Н., Крейцер Г. П.* и др. Исследование среднего уровня пространственной синхронизации биопотенциалов коры головного мозга кроликов//Журн. высш. нерв. деятельности им. И. П. Павлова. 1969. Т. 19, № 6. С. 996—1002.
- Ливанов М. Н., Кравченко В. А., Королькова Т. А.* Функциональное значение корреляций биопотенциалов коры головного мозга//Бюл. эксперим. биологии и медицины. 1967. Т. 64, № 11. С. 14—19.
- Ливанов М. Н., Свицерская Н. Е.* Психологические аспекты феномена пространственной синхронизации потенциалов//Психол. журн. 1984. Т. 5, № 5. С. 71—83.
- Ливанов М. Н., Хризман Т. П.* Пространственно-временная организация биопотенциалов мозга у человека//Естественнаучные основы психологии. М.: Педагогика, 1978. С. 206—233.
- Ломов Б. Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984. 431 с.
- Лурия А. Р.* Мозг человека и психические процессы. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1963. 477 с.
- Попова Л. Т.* Особенности нарушений актуализации прошлого опыта при повреждении теменно-височно-затылочных отделов левого полушария//Память и следовые процессы: Тез. докл. IV Всесоюз. конф. Пушкино, 1979. С. 171—172.
- Свицерская Н. Е.* Пространственная синхронизация биопотенциалов и ритмические составляющие ЭЭГ человека//Журн. высш. нерв. деятельности им. И. П. Павлова. 1977а. Т. 27, № 3. С. 561—567.
- Свицерская Н. Е.* Медленные составляющие ЭЭГ при умственной деятельности человека//Там же. 1977б. Т. 27, № 4. С. 824—829.
- Свицерская Н. Е.* Кросскорреляционный анализ топоскопической картины корковых биопотенциалов//Организация и адаптация мозговых функций. София, 1981. С. 42—49.

- Свидерская Н. Е.* Значение синхронных корковых биоэлектрических процессов для оценки активности мозга в норме и патологии: (Топоскопические исследования): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1985. 36 с.
- Свидерская Н. Е., Барденштейн Л. М., Курашов А. С.* Клинико-электрофизиологическая характеристика непроцессуальных изменений личности в подростковом возрасте//Журн. невропатологии и психиатрии. 1980б. Т. 80, № 6. С. 886—893.
- Свидерская Н. Е., Курашов А. С., Барденштейн Л. М.* Исследование ассоциативной деятельности больных шизофренией методом дистантной синхронизации биопотенциалов коры головного мозга//Журн. невропатологии и психиатрии. 1982. Т. 82, № 5. С. 716—722.
- Свидерская Н. Е., Николаева Н. О., Селицкий Г. В.* Анализ межполушарной асимметрии пространственно-временной организации корковых потенциалов человека//Журн. высш. нерв. деятельности им. И. П. Павлова. 1983. Т. 33, № 3. С. 464—471.
- Свидерская Н. Е., Селицкий Г. В., Лаврецкая Э. Ф.* Функциональная роль левого полушария при генерализованной форме эпилепсии//Материалы XXVII совещ. по пробл. высш. нерв. деятельности. Л.: Наука, 1984. С. 139—140.
- Свидерская Н. Е., Ушакова Т. Н., Шустова Л. А.* Электрофизиологическое исследование речемыслительного процесса//Физиология человека. 1980а. Т. 6, № 3. С. 402—409.
- Хомская Е. Д.* Мозг и активация. М.: Изд-во МГУ, 1972. 382 с.
- Чуприкова Н. И.* Слово как фактор управления в высшей нервной деятельности человека. М.: Просвещение, 1967. 327 с.
- Livanov M. N.* The significance of distant brain potential synchronization for realization of temporal connections//XXIII Intern. Congr., Tokyo, Sept. 1—9, 1965: Lect. and symp. Amsterdam etc., 1965a. P. 600—612. (Proc. Intern. Union Physiol. Sci.; Vol. 4).
- Livanov M. N.* The role of distant synchronization of cortical biopotentials in realization of temporary connections//Abstr. of pap. presented at XXIII Intern. Congr. of physiol. sci., Tokyo, Jap., Sept. 1—9, 1965b. S. 1., S. a. P. 22—23.
- Livanov M. N.* The significance of spatial synchronization of biopotentials during conditioning//First Intern. Congr. on higher nervous activity, Milan, Italy, Oct. 18—20, 1968: Abstr. Of pap. presented. Amsterdam, 1968a. P. 45—46.
- Livanov M. N.* Distant synchronization of biopotentials as a reflection of cortical interrelations//XXIV Intern. Congr. of physiol. sci. Wash. (D. C.), 1968b. Vol. VII: Abstracts of volunteer papers and films. P. 268.
- Livanov M. N.* On the activating mechanisms of reticular of brain cortex//2nd Europ. Congr. of EEG and clin. neurophysiol., Salzburg, Austria, Sept. 16—19, 1979. Amsterdam etc., 1979. P. 141. (Excerpta med. Intern. Congr. ser.; N 506).
- Livanov M. N., Gavrilova N. A., Aslanov A. S.* Intercorrelations between different cortical regions of human brain during mental activity//Neuropsychologia. 1964. Vol. 2, N 4. P. 281—289.
- Milner B.* Amnesia following operation in the lobe//Whitty C. W. M., Langwill O. L. Amnesia. L., 1966. P. 109—121.
- Sviderskaya N. E.* Spatial synchronization of cortical biopotential in schizophrenic patients//XXVIII Intern. Congr. of physiol. sci.: Abstr. of lect. symp. and free commun. Budapest, 1980. Vol. 14. P. 728.
- Sviderskaya N. E.* Analysis of toposcopic picture of cortical biopotential correlations in schizophrenic patients during associative tasks//EEG and Clin. Neurophysiol. 1981. Vol. 52, N 3. P. 13.

Научное издание

ЛИВАНОВ Михаил Николаевич,
РУСИНОВ Владимир Сергеевич,
СИМОНОВ Павел Васильевич и др.

**Диагностика и прогнозирование
функционального состояния
мозга человека**

Утверждено к печати
Институтом высшей нервной деятельности
и нейрофизиологии Академии наук СССР

Редактор издательства

Е. А. Колпакова

Художник

А. Г. Кобрин

Художественный редактор

Н. Н. Власик

Технический редактор

Л. И. Куприянова

Корректоры

А. Б. Васильев, Л. В. Щеголев

ИБ № 37226

Сдано в набор 05.03.88. Подписано к печати 08.07.88.

Т-07469. Формат 60×90^{1/16}. Бумага офсетная № 1

Гарнитура литературная. Печать высокая

Усл. печ. л. 13. Усл. кр. отт. 13,25 Уч.-изд. л. 14,8 Тираж 2750 экз.

Тип. зак. 4500 Цена 2 р. 30 к.

Ордена Трудового Красного

Знамени издательство «Наука»

117864, ГСП-7, Москва

В-485, Профсоюзная ул., 90.

2-я типография издательства «Наука».

121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Диагностика
и
прогнозирование
функционального
состояния
МОЗГА
ЧЕЛОВЕКА



«НАУКА»