

Диагностика скрываемой информации на основе анализа когнитивных вызванных потенциалов мозга человека

Е. С. Исайчев, С. А. Исайчев, А. В. Насонов, А. М. Черноризов



Исайчев Евгений Сергеевич

инженер кафедры психологии труда и инженерной психологии факультета психологии, преподаватель по теории и практике инструментальной «детекции лжи» на курсах проф. переподготовки МГУ им. М.В. Ломоносова.



Исайчев Сергей Александрович

кандидат психологических наук, доцент, зам. зав. кафедрой психофизиологии факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова.

Научные разработки инструментальных методов выявления скрываемых знаний, или «детекции лжи», с помощью специальной многоканальной регистрирующей аппаратуры (полиграфы различной конструкции) имеют длительную историю. Но, что интересно, собственно к понятиям «лжи» или «правды» эти методы не имели никакого отношения. Как правило, с помощью полиграфа исследовались психофизиологические процессы, отражающие, главным образом, оборотительные, ориентировочные или эмоциональные реакции, которые в той или иной степени коррелировали с поведением во время правдивых или ложных ответов. А в качестве основных характеристик этих реакций использовались показатели активации симпатического отдела вегетативной нервной системы: кожно-гальваническая реакция (КГР), электрокардиограмма (ЭКГ), фотоплетизмограмма (ФПГ), электромиограмма (ЭМГ), показатели дыхания и т. п.

Поэтому, несмотря на явные успехи в разоблачении намеренного обмана с помощью полиграфа, у критиков применения инструментальных методов в судебной практике, при проведении служебных расследований и обследовании персонала при приеме на

работу всегда оставались сомнения в правомерности применения полученных данных. Основным аргументом такой позиции является известный факт, что полиграфические показатели отражают, прежде всего, степень эмоционального, стрессового напряжения при проведении таких опросов. в то время как те сложные когнитивные процессы и функции, которые связаны с получением, обработкой, хранением и извлечением информации о тех или иных событиях нашей жизни и нашего личного опыта, и процессы, прямо определяющие выбор, обоснование и принятие того или иного решения в различных ситуациях, выпадают из внимания полиграфолога и напрямую им не исследуются. Вопрос о том, можно ли получить объективные показатели скрываемых знаний или когнитивных процессов, которые обеспечивают сокрытие информации, анализируя изменения биоэлектрической активности мозга, был сформулирован еще в 70–80-х годах прошлого века. Начиная с работ Розенфельда (Rosenfeld J.P.) и по настоящее время в прикладной психофизиологии идет активный поиск путей разработки новых технологий диагностики скрываемых знаний [6, 14–33]. Основу таких технологий со-

ставляет анализ ЭЭГ и вызванных потенциалов мозга, регистрируемых на субъективно значимые сигналы и объекты (лица, неживые объекты, вербальный и текстовый материал) [18, 25, 26, 29]. Относительно немногочисленные данные, полученные здесь разными авторами и разными методами, противоречивы в деталях, но, в целом, убедительно свидетельствуют о наличии специфической связи когнитивных процессов человека с параметрами электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и когнитивных вызванных потенциалов (КВП) [25, 29, 30]. Анализ данных, представленных в цитируемых работах, показывает, что КВП отражают различные аспекты психической деятельности человека. В динамике амплитудно-временных параметров отдельных компонентов КВП отражаются специфические особенности процессов восприятия, эмоционального напряжения, внимания, памяти и семантики.

В ряде работ было показано, что отдельные компоненты КВП и их амплитудно-временные характеристики, конфигурация и распределение КВП по скальпу значительно меняются в зависимости от целого ряда факторов [2, 6, 11, 12, 13]. Изменение экспериментальной парадигмы, порядка предъявления стимульного материала и инструкции, условия регистрации и усреднения — все это значительно меняет анализируемые параметры КВП. Так, например, при изучении процессов произвольного и произвольного внимания, амплитуда волны P300 (основной позитивный компонент КВП с латенцией от 300 мсек. до 800 мсек.) значительно возрастает при предъявлении редких или субъективно значимых для испытуемого стимулов [6]. В тоже время, использование аналогичной oddball-парадигмы, но при исследовании внимания в процессе извлечения следов памяти на редкие или субъективно значимые события, обнаруживает противоположную динамику в изменении волны P300 [2, 11, 12]. Противоречивые эффекты динамики амплитудно-временных параметров отдельных компонентов КВП привели к выдвижению гипотез об антагонистических эффектах внимания и рабочей памяти на волну P300 [13].

Подобная многозначность психологической и психофизиологической интерпретации механизмов и процессов, которые связаны с генерацией от-

дельных компонентов КВП порождает основную методологическую проблему их использования в детекции скрываемых знаний — разработку адекватной теоретической модели «психофизиологических механизмов» обмана. В настоящее время можно выделить два теоретических подхода к построению таких моделей. Условно их можно обозначить как «функциональный» и «интегративный».

Первый, функциональный, подход связан с абсолютизацией какой-либо одной психической функции или процесса. В рамках этого подхода в качестве ведущих процессов и состояний в ситуациях обмана чаще всего рассматриваются такие «конструкты», как внимание, рабочая память, инконгруэнтность семантической информации и следов эпизодической памяти, эмоциональные реакции и реакции активации [4, 5]. Однако попытки найти надежные корреляты участия отдельных психических процессов и состояний: памяти, внимания, эмоционального напряжения, активации центральной и вегетативной нервной системы (НС), — в процессе обмана по показателям ЭЭГ и ВП не дают пока положительного результата.

Второй подход, интегративный, в настоящее время только начинает формироваться, и в его основе лежит положение о том, что обман, ложь — это сложное социальное поведение, которое не может быть объяснено каким-либо одним психическим процессом или состоянием. Попытка сформулировать такой подход принята сотрудниками лаборатории Дж.М.С. Вэндема Университета штата Южная Каролина (США) [29–33]. Модель лжи, предложенная Вэндема с сотрудниками (рисунок 1) предполагает взаимосвязь и взаимодействие различных функций: памяти, внимания, эмоций, активации и мотивации, — в любом акте обмана. Основная проблема интегративного подхода, и это подчеркивают сами авторы, — невозможность одновременно изучать все эти процессы и состояния в рамках одного эксперимента, моделирующего сеанс детекции лжи.

Возможным выходом из этого методического затруднения, по мнению авторов, является использование различных инструментальных процедур для выявления и измерения участия каждой функции в процессе обмана с



Насонов Андрей Владимирович
младший научный сотрудник
лаборатории математических методов
обработки изображений факультета
вычислительной математики и
кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова.



Черноризов Александр Михайлович
доктор психологических наук,
профессор, заведующий кафедрой
психофизиологии
МГУ им. М.В. Ломоносова.

их последующей теоретической интеграцией и психофизиологической интерпретацией. Таким образом, построение адекватной «модели обмана» на базе интегративного подхода с опорой на анализ показателей активности центральной и периферической НС — задача чрезвычайно сложная и представляет больше академический, нежели практический интерес.

По нашему мнению, наиболее эффективным методологическим инструментом для построения моделей обмана являются теория функциональных систем П.К. Анохина [1] и теория векторного кодирования Е.Н. Соколова [3]. Согласно П.К. Анохину, «функциональные системы — это самоорганизующиеся и саморегулирующиеся динамические центрально-периферические организации, объединенные нервными и гуморальными регуляциями, все составные компоненты которых взаимодействуют обеспечению различных полезных для самих функциональных систем и для организма в

целом адаптивных результатов, удовлетворяющих его различные потребности».

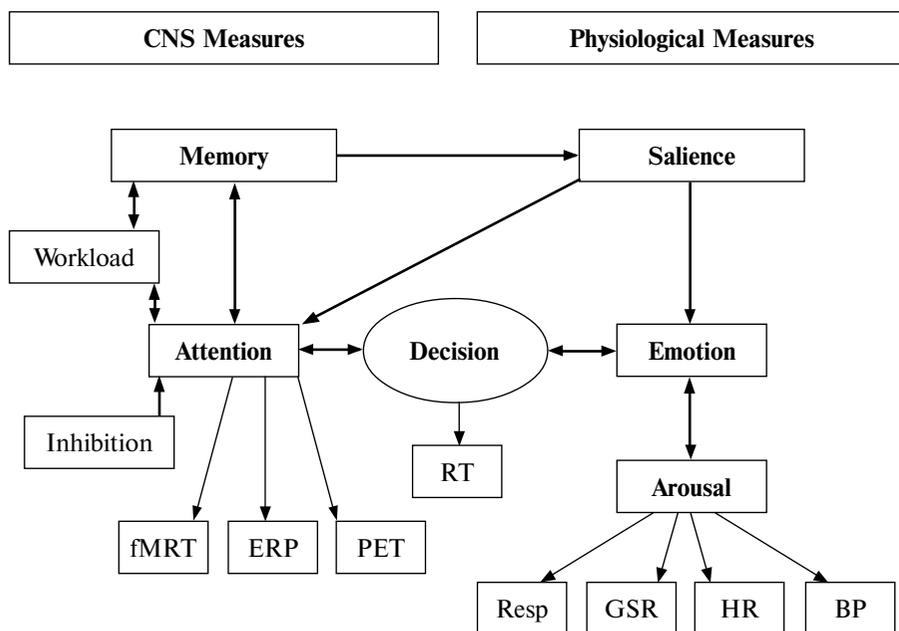
Если рассматривать обман и ложь как специфическую функциональную систему, как определенную организацию активности различных центральных и периферических элементов и механизмов, приводящую к достижению соответствующего полезного результата (избегание наказания или извлечение выгоды), то легко объяснить имеющиеся противоречия в экспериментальных данных, полученных разными методами в области детекции лжи. Как и любая функциональная система, система обмана формируется в процессе индивидуального развития каждого человека в различные возрастные периоды на различной генотипической и психофизиологической основе. Формируется она спонтанно в зависимости от особенностей индивидуального опыта, специфической окружающей социальной и культурной среды. Формирование системы проис-

ходит методом проб и ошибок и подвергается соответствующему отбору. Физиологическое и нейродинамическое обеспечение системы лжи уникально для каждого человека. Даже наиболее стабильные (по сравнению с параметрами ЭЭГ) психофизиологические показатели стрессовой реакции, такие, как параметры дыхания, электрокардиограммы (ЭКГ), кожно-гальванической реакции (КГР), электромиограммы (ЭМГ), — имеют широкий диапазон межличностных различий, но при этом образуют достаточно устойчивый индивидуальный паттерн. О разнообразии мозговых механизмов, участвующих в нейродинамическом обеспечении системы обмана, свидетельствуют многочисленные данные, в частности, полученные с использованием современных томографических методов [8, 29, 30].

Если интерпретировать процесс обмана с позиций теории функциональных систем, то вопрос о доминирующей в этом процессе психической функции снимается. Понятие «функциональная система» имплицитно включает в себя взаимодействие всех центральных и периферических механизмов, которые направлены на достижение полезного результата или реализацию адаптивного процесса. Внимание, восприятие и память обеспечивают процесс опознания и оценки значимости стимула. В терминах теории функциональных систем, эти процессы образуют основу стадии афферентного синтеза. Основная задача организма на этой стадии — собрать всю необходимую информацию о различных параметрах внешней среды и сформулировать конкретные цели и задачи поведения. Поскольку на выбор такой информации оказывает влияние как конечная цель поведения, так и предыдущий опыт жизнедеятельности, то афферентный синтез всегда индивидуален, и, соответственно, всегда индивидуальна формируемая на данный момент функциональная система.

На стадии афферентного синтеза происходит взаимодействие трех компонентов: мотивационного возбуждения (активации), обстановочной афферентации (информации о внешней среде) и извлекаемых из памяти следов прошлого опыта. Если результаты афферентного синтеза свидетельствуют о наличии угрозы организму, то включаются рефлекторные механиз-

Рисунок 1. Гипотетическая модель процесса обмана по Дж.М.С. Вэндемия [33]



Показатели активности ЦНС (CNS Measures): фМРТ (fMRI), ВП (ERP), ПЭТ (PET), — указывают на степень включенности памяти (Memory) в процесс лжи, которая имеет выраженность (Saliency) в измерениях процессов внимания (Attention) и эмоций (Emotion). А такие физиологические показатели (Physiological measures), как дыхание (respiration, Resp), кожно-гальваническая реакция (GSR), частота сердечных сокращений (heart rate, HR) и кровяное давление (blood pressure, BP), свидетельствуют об использовании в процессе обмана манипуляций эмоциями, реакциями активации (Arousal) и особенностями стимулов.

Другие обозначения: Workload — нагрузка рабочей памяти; Decision — принятие решения, RT — время реакции; Inhibition — торможение.

мы эмоциональной и стрессовой реакции. Комплекс этих реакций приводит к изменению различных параметров активности вегетативной НС, которые успешно регистрируются традиционным полиграфом.

тегральным образом отражать адаптивный ответ всей системы в целом.

Поскольку все системы организма контролируются различными отделами и структурами головного мозга человека, то изменения в работе любой фун-

ветов. На психофизиологическом уровне различие в организации двух функциональных систем должно проявиться в различиях индивидуальных паттернов амплитудно-временных параметров КВП на правдивый и ложный ответы и в особенностях их пространственного распределения на поверхности мозга испытуемого.

Еще одним ожидаемым экспериментальным фактом обнаружения различий в проявлении активности систем ложного и правдивого ответов должно быть увеличение латенции ложного ответа по сравнению с правдивым. Такое увеличение должно отражаться во временном сдвиге наиболее информативного в этом отношении компонента ВП на подачу целевого стимула. Различия в латенции сенсомоторной реакции при правдивых и ложных ответах было неоднократно продемонстрировано в экспериментах с применением классического полиграфа: латентный период ложного ответа статистически значимо превышал латентный период правдивого ответа. Исходя из сформулированной выше гипотезы, можно предположить, что такое увеличение латенции отдельных компонентов КВП обусловлено включением специального нейрофизиологического механизма, который затормаживает произвольно возникающую активность систем нейронов, генерирующих правдивый ответ, и активирует структуры, ответственные за выбор и генерацию ложного ответа.

Таким образом, основной целью настоящего исследования являлся поиск и анализ различий пространственно-амплитудно-временных параметров распределения компонентов усредненных и индивидуальных КВП, зарегистрированных в ситуациях ложного и правдивого ответов

Методика регистрации ЭЭГ и ВП головного мозга

Методическая процедура регистрации ЭЭГ и КВП на ситуационно-значимые стимулы проводилась в соответствии с Международной системой 10-20 [10], монополярно в отведениях: Fp1, Fpz, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, Oz, O2 с референтами A1, A2 на аппаратно-программном комплексе фирмы «МЕДИКОМ-МТД» (Таганрог,

Вопрос о том, можно ли получить объективные показатели скрываемых знаний или когнитивных процессов, которые обеспечивают сокрытие информации, анализируя изменения биоэлектрической активности мозга, был сформулирован еще в 70–80-х годах прошлого века.

Одновременно с процессами афферентного синтеза принимается решение о выработке стратегии поведения в данной ситуации, и происходит переход к формированию программы действий, которая обеспечивает выбор и последующую реализацию нужных действий из множества потенциально возможных. Затем команда, представленная комплексом возбуждений командных нейронов, направляется к периферическим исполнительным механизмам и органам, реализующим данные действия, — речевой ответ, нажатие на клавишу, выбор объекта.

Мы видим, что на каждой стадии реализации функциональной системы, обеспечивающей процесс обмана, — стадии афферентного синтеза, стадии принятия решения, стадии реализации действия и стадии коррекции поведения — принимают активное участие различные психические функции и исполнительные механизмы. Для решения практической задачи — выявления обмана с помощью инструментальных методик — необходимо решить вопрос о выборе его надежного психофизиологического показателя. В идеальном варианте этот показатель должен отражать изменение не какого-либо частного параметра работающей функциональной системы (привлечение внимания, сличение параметров стимульной ситуации с аналогичными следами в долговременной памяти, эмоциональное напряжение, активация симпатической НС, время реагирования и т. п.), а ин-

кциональной системы (или ее отдельных подсистем) обязательно отражаются на динамике биоэлектрической активности мозга. Следовательно, различия в нейрональной организации механизмов систем, обеспечивающих ложный и правдивый ответы, должны прямо или косвенно отражаться в параметрах ЭЭГ и ВП.

Рабочая гипотеза и основные цели исследования

Как уже было отмечено выше, в качестве методологической базы настоящего экспериментального исследования мы предлагаем использовать адаптированную к изучаемой тематике теорию функциональных систем П.К. Анохина. С позиций этой теории была сформулирована и основная рабочая гипотеза исследования — психофизиологические и нейрофизиологические механизмы, ответственные за генерацию ложного и правдивого ответов, имеют различную, индивидуально специфическую нейрофункциональную организацию. Процесс реализации правдивого ответа опирается на те же нейрональные механизмы и структуры, которые связаны с процессами опознания, категоризации и ментального воспроизведения любого знакомого или незнакомого объекта. Процесс реализации или воспроизведения ложного ответа имеет определенную специфику. Эта специфика отражает различие в нейрональной организации функциональных систем, обеспечивающих генерацию и реализацию правдивого и ложного от-

РФ). Исследовательский комплекс включал электроэнцефалограф-анализатор ЭЭГА-21/26 «ЭНЦЕФАЛАН-131-03»; программную систему «Аудиовизуальный стимулятор» (использовалась для подачи стимульного материала); программное обеспечение для регистрации, первичной обработки и усреднения КВП.

Частота дискретизации ЭЭГ составляла 250 Гц. Регистрация ЭЭГ проводилась при включенном аппаратном запирающем фильтре (50 Гц) в частотном диапазоне от 0,16 до 30 Гц. Подэлектродное сопротивление (импеданс) для неполяризуемых хлорсеребряных (AgCl) ЭЭГ-электродов не превышало уровня 10–15 КОм. Для контроля общего функционального состояния испытуемого и контроля артефактов параллельно с записью ЭЭГ регистрировали электрокардиограмму (ЭКГ), фотоплетизмограмму (ФПГ) и кожно-гальваническую реакцию (КГР). Для учета артефактов от движений глаз осуществлялась непрерывная запись электроокулограммы (ЭОГ). Регистрация ЭОГ велась с поверхностных электродов, расположенных над и под правым глазом и чуть ниже наружного угла левой глазной щели.

Процедура усреднения ВП включала регистрацию сырой записи ЭЭГ с синхронизированными отметками подачи стимулов и отметками сенсомоторной реакции испытуемого при на-

жатии левой или правой клавиши компьютерной мыши. В соответствии с заранее определенными типами стимулов, подаваемыми в случайной последовательности и с заранее определенной вероятностью появления, проводилось усреднение ВП по отдельным типам стимулов. Первичная обработка включала режекцию артефактов (удаление из записи отрезков, содержащих изменения биопотенциалов, не связанных с активностью мозга) и фильтрацию отдельных каналов ЭЭГ в случаях, когда запись была частично зашумлена движениями глаз, наложением кожно-гальванической реакции, дыхания или миограммы.

Во время экспериментальной серии испытуемые располагались, полулежа в удобном кресле на расстоянии 1,2 метра от экрана монитора, на котором экспонировались изображения стимульного ряда. В правой руке испытуемого находился двухкнопочный датчик для регистрации двигательных реакций на стимулы. Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 2.

Стимульный материал

В классическом опросе с применением полиграфа широко применяется тест на имя или фамилию опрашиваемого. Известно, что субъективно значимая информация (имя, фамилия, личные фото, место рождения, адрес проживания, номер телефона) вызы-

вает у человека достаточно сильную эмоциональную реакцию, которая регистрируется по показателям вегетативной НС. По этой причине для более эффективной дифференциации эмоциональных и когнитивных факторов, влияющих на динамику амплитудно-временных параметров КВП, регистрируемых в ситуациях ложного и правдивого ответов, в качестве стимульного материала использовалось имя (фамилия) испытуемого. В исследовании приняли участие 30 человек. После первичной обработки данных результаты двух испытуемых были исключены из анализа из-за большого количества артефактов, определяемых по электроокулограмме. Таким образом, общее количество обследованных составило 28 человек (20 женщин и 8 мужчин, средний возраст – 23 года). В качестве значимого стимула для женщин использовалось собственное имя испытуемой, для мужчин – его фамилия.

Для повышения мотивации испытуемых создавалась определенная игровая ситуация. Испытуемому рассказывали про технологии и методы выявления лжи и предлагали поиграть в «разведчика». Сюжет игры: «Вы – разведчик. Вас подозревают в хищении секретных документов. Вы живете в стране под чужим именем (это Ваш псевдоним). Неприятелю известно имя человека, похитившего документы, то есть Ваше настоящее имя. Их специалистами написана компьютерная программа, которая по ответам мозга может определить, врет человек или говорит правду. Ваша задача – скрыть собственное имя и обмануть компьютер».

Инструкция испытуемым: «Вам будут предъявлены на экране монитора различные женские имена (фамилии). Среди имен будут встречаться Ваше собственное имя и выбранный Вами псевдоним. На вопрос «Ваше имя – Татьяна?» Вы должны отвечать отрицательно (если Вас зовут Татьяна), нажимая клавишу «нет» (правая клавиша мыши). При предъявлении имени-псевдонима Вы должны отвечать утвердительно, нажимая клавишу «да» (левая клавиша мыши). При предъявлении любых других имен Вы ответите «нет» (правая клавиша мыши)».

Результаты исследования

Одной из задач настоящего исследования являлся анализ амплитудно-

Рисунок 2. Общий вид экспериментальной установки для регистрации ЭЭГ и КВП человека



временных характеристик различных компонентов КВП, а также выявление тех компонентов, которые статистически достоверно связаны с процессом сокрытия информации. Поскольку межиндивидуальные различия в конфигуративных и амплитудно-времен-

ных различий по амплитудным и временным показателям между КВП на ложные и правдивые ответы после 300 мс может свидетельствовать об отражении активации различных структур и механизмов, участвующих в генерации сравниваемых КВП.

правдивых ответах. В изменении латенции также наблюдается определенная тенденция. Минимальное значение латентного периода у компонента P450 наблюдается при правдивых ответах (440 мс), среднее – при ложных ответах на свое имя (560 мс) и максимальное – при ложных ответах на псевдоним (620 мс). Следует отметить, что мы интерпретируем компонент P450 как традиционный компонент P300, который может варьировать в достаточно широком временном интервале в зависимости от экспериментальных условий и сложности когнитивных операций, определяемых задачей.

Для решения практической задачи – выявления обмана с помощью инструментальных методик – необходимо решить вопрос о выборе его надежного психофизиологического показателя.

ных параметрах КВП весьма значительны, то некоторые интегральные представления о связи характеристик КВП с психологическими процессами можно получить только путем анализа групповых данных. На рисунке 3 представлены усредненные по группе 28 человек пять КВП, зарегистрированные на предъявление имен испытуемых в центральном отведении (Cz-A2), два КВП – в ситуации ложного ответа и три КВП – при правдивом ответе. Первый ложный ответ фиксировался, когда испытуемый отвечал на свое имя отрицательно (нажимая клавишу «нет»), а второй – когда испытуемый на выбранный псевдоним отвечал положительно (нажимая на клавишу «да»). Три КВП регистрировались в ситуации правдивого ответа, когда на предъявление разных имен испытуемый честно отвечал «нет».

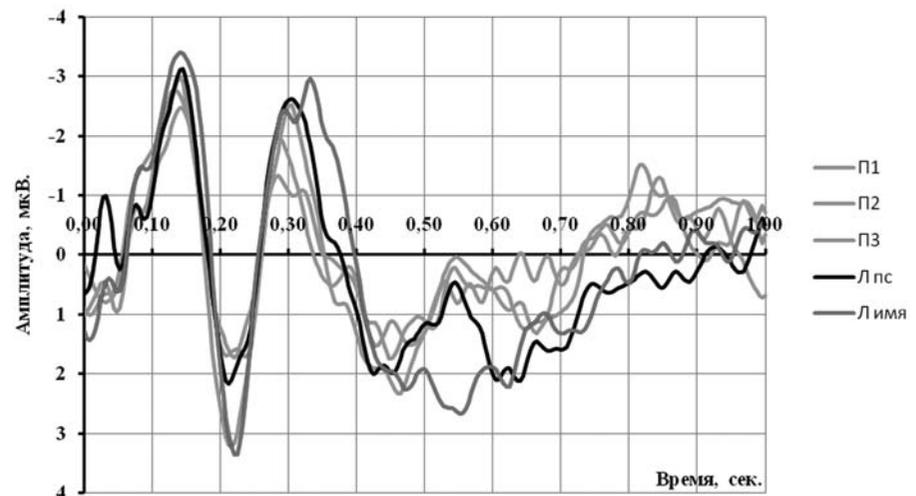
Конфигуративные и амплитудно-временные характеристики КВП на правдивый и ложный ответы практически идентичны в интервале от 100 до 300 мс, после чего в них начинают выявляться определенные различия. В обоих КВП можно выделить последовательность наиболее выраженных компонентов: N140, P210, N300, P450 и N840. Одним из признаков стабильности того или иного компонента ВП и показателем его связи с той или иной характеристикой физиологического или психологического процесса является его дисперсия на определенном временном интервале. Если дисперсия минимальна, то потенциалы отражают ответы одних и тех же нейронных структур в ответ на предъявляемую информацию или решаемую экспериментальную задачу. Напротив, увеличение дисперсии и появление выра-

В данном случае наблюдается выраженная тенденция к снижению максимальных значений амплитуд в зависимости от типа стимулов в диапазоне латенции от 400 до 700 мс. Наибольшую амплитуду компонент P450 имеет в ложном ответе на собственное имя. Затем амплитуда компонента последовательно снижается при ложных ответах на псевдоним и правдивых ответах.

Таким образом, наименьшие значения амплитуды P450 наблюдаются при правдивых ответах. Еще одним важным фактом, полученным при сравнении анализируемых КВП, является разница в латенции максимумов амплитуд волны P450 при ложных и

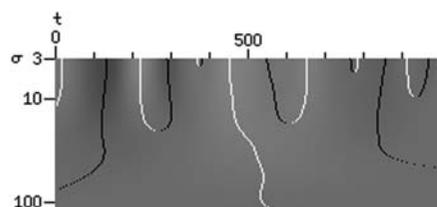
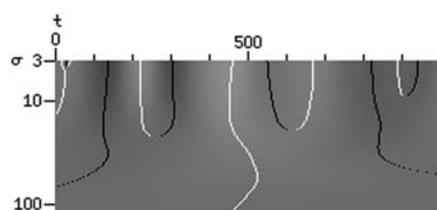
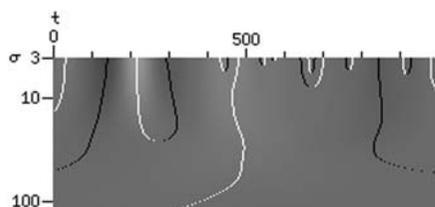
Обнаруженный факт увеличения латенции компонента P500 подтверждает нашу гипотезу о различии временных параметров работы функциональных систем, связанных с генерацией правдивого и ложного ответов. Напомним, что, согласно этой гипотезе, увеличение латенции отдельных компонентов КВП обусловлено включением специального механизма, который затормаживает непроизвольно возникающую активность нейронов, генерирующих правдивый ответ, и активирует структуры, ответственные за выбор и генерацию ложного ответа. Возрастание времени принятия решения на ложный ответ при предъявлении стимула «псевдоним» по сравнению с ложным ответом на собственное

Рисунок 3. Усредненный вызванный потенциал на предъявление имен испытуемых в центральном отведении Cz-A2

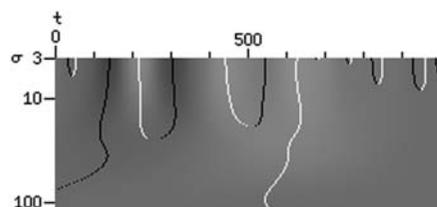


Обозначения: по оси абсцисс – время в секундах, по оси ординат – амплитуда КВП в мкВ, n1, n2, n3 – дифференциальные стимулы (правдивый ответ), L пс – ложный ответ на псевдоним, L имя – ложный ответ на предъявление своего имени.

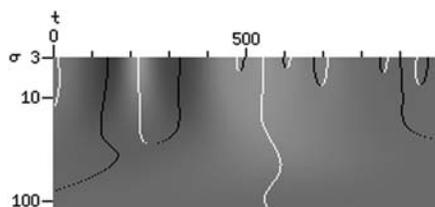
Рисунок 4. Результаты анализа ВП в пространстве переменных разрешений в канале Cz-A2 для теста на имена, заключающегося в сокрытии своего реального имени или фамилии



а) нерелевантные имена/фамилии («нет — правда»)



б) псевдоним («да — ложь»)



в) ложь на реальное имя («нет — ложь»)

Обозначения: по горизонтали (слева направо) — временные отсчеты t , по вертикали (сверху вниз, логарифмическая шкала) — разрешение σ . Общая длина ВП — 1 сек.

имя, объясняется необходимостью держать в кратковременной памяти недавно присвоенное имя.

Таким образом, анализ пространственного распределения и динамики амплитудно-временных параметров компонентов КВП, зарегистрированных в ситуации ложного и правдивого ответов, выявляет связь группы компонентов N300, P500 и N850 с процессом сокрытия информации. Для проверки достоверности этой связи на групповом и индивидуальном уровнях на следующем этапе исследования был использован специальный математический анализ экспериментальных данных.

Анализ групповых различий КВП на правдивый и ложный ответы

Основной проблемой при анализе КВП является тот факт, что форма сигнала ВП на предъявление информации, требующей когнитивной обработки, всегда индивидуальна и не может быть эффективно описана как с помощью традиционных параметрических методов оценки, так с помощью современных методов — Фурье или вейвлет-разложения. Применение частотной фильтрации при анализе пиков КВП с фиксированными параметрами также является ненадежным, так как при подобной фильтрации пики в индивидуальных ВП могут сместиться по оси времени, пропасть или инвертироваться.

Использованный нами метод для оценки различий КВП заключается в анализе координат основных пиков на усредненных вызванных потенциалах при различных типах ответа испытуемого: «нет — правда» (три правдивых ответа «нет» на предъявление чужих имен, «нет — ложь» (ложный ответ «нет» на свое имя), «да — ложь» (ложный ответ «да» на псевдоним). Анализ пиков вызванного сигнала проводится в пространстве переменных разрешений (Scale space) [34]. Для сигнала $x(t)$ добавляется размерность σ — разрешение, причем $x(\sigma, t)$ является сверткой $x(t)$ с фильтром Гаусса:

$$x(\sigma, t) = x(t) * G_{\sigma}(t),$$

$$\text{где } G_{\sigma}(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}.$$

Основным свойством сигнала $x(\sigma, t)$ в пространстве переменных разрешений является поведение точек локальных минимумов и максимумов по t . Каждому экстремуму $x(t)$ соответствует кривая на плоскости (σ, t) , заканчивающаяся при определенном $\sigma = \sigma_{max}$. Чем больше σ_{max} , тем более ярко выраженным является пик.

Результаты анализа пиков $x(\sigma, t)$ для КВП в канале Cz-A2 приведены на рисунке 4. На изображениях представлены сигналы $x(\sigma, t)$ для ВП при различных типах ответа испытуемого. Величина потенциала визуализирована через интенсивность пикселей: светлый цвет соответствует большим значениям потенциала, темный — маленьким. Белые точки — локальные максимумы, черные точки — локальные минимумы.

Предлагаемый метод анализа пиков заключается в нахождении пиков, для которых σ_0 является наибольшим. Это осуществляется с помощью следующего алгоритма.

Нахождение экстремумов на оригинальном сигнале (начальное приближение) — на разрешении $\sigma_0 = 0$.

Для разрешения σ_k производилось нахождение экстремумов, затем для каждого найденного экстремума искались соответствующие им экстремумы на предыдущем разрешении σ_{k-1} — искались ближайшие экстремумы.

Для КВП, представленных на рисунке 4, были получены следующие результаты для трех пиков с наибольшими σ_{max} (см. таблицу 1).

Результаты, представленные в таблице 1, показывают наличие существенных различий в латенции основного пика КВП (P450) в зависимости от сложности соответствующей когнитивной деятельности. В данном случае — сложность определяется выбором варианта ответа. Можно видеть, что латенция компонента P450 существенно увеличивается при ложном ответе на собственное имя по сравнению с правдивым ответом, и еще большее увеличение мы наблюдаем при ложном ответе на псевдоним. В среднем увеличение латенции и в том, и в другом случае составляет порядка 100 мс.

Таким образом, результаты проведенного исследования по использованию КВП для выявления ситуационно-значимой информации в ситуации ложных и правдивых ответов показы-

Таблица 1. Изменение латенции основного пика КВП

Пик	Нерелевантные имена			Реальное имя	Псевдоним
N, ~140 мс	140 мс	136 мс	132 мс	140 мс	140 мс
P, ~450 мс	480 мс	460 мс	452 мс	544 мс	628 мс
N, ~800 мс	844 мс	820 мс	856 мс	—	—

вают, что латентные и амплитудные показатели основного компонента P450 могут содержать дополнительную информацию о специфической динамике функционального состояния мозга при намерении скрыть информацию.

Установлено, что наиболее информативным временным периодом анализа групповых различий по основному компоненту КВП P450 является интервал длительностью от 400 до 700 мс после подачи стимула. В процессе исследования удалось разработать новый алгоритм анализа и оценки групповых различий по отдельным компонентам КВП.

В следующем сообщении по данной теме мы рассмотрим проблему поиска количественного критерия для выявления и оценки ситуационно-значимой информации по компонентам КВП на основе анализа индивидуальных данных.

Список литературы:

1. Анохин П.К. Избранные труды: Философские аспекты теории функциональной системы. — М.: Наука, 1978. — 400 с.
2. Наатанен Р. Внимание и функции мозга. — М.: МГУ, 1998. — 560 с.
3. Соколов Е.Н. Принцип векторного кодирования в психофизиологии // Вестн. Моск. ун-та. — Сер. 14. Психология. — 1995. — №4.
4. Allen J., Iacono W.G. A comparison of methods for the analysis of event-related potentials in deception detection // Psychophysiology. — 1997. — V. 34. — P. 234–240.
5. Boaz T.L., Perry N.W., Raney G., Fischler I.S., Shuman D. Detection of guilty knowledge with event-related potentials // J. of Applied Psychology. — 1991. — V. 76. — P. 788–795.
6. Farwell L.A., Donchin E. The truth will out: interrogative polygraphy (“lie detection”) with event-related potentials // Psychophysiology. — 1991. — 28. — P. 531–547.
7. Fischbach R.L., Fischbach G.D. The brain doesn't lie // The American J. of Bioethics. — 2005. — 5 (2). — P. 54–55.
8. Ganis G., Kosslyn S.M., Stose S., Thompson W.L., Yurgelun-Todd D. Neural correlates

of different types of deception: An fMRI investigation // Cerebral Cortex. — 2003. — 13. — P. 830–836.

9. Happel M.D. Neuroscience and the detection of deception // Review of Policy Research. — 2005. — V. 22. — №5. — P. 667–686.
10. Jasper H.H. The ten-twenty electrode system of the International Federation // Electroencephalogr Clin Neurophysiol. — 1958. — 10. — P. 371–375.
11. Johnson R.Jr. The amplitude of the P300 component of the event-related potential // In: P.K. Ackles, J.R. Jennings and G.H. Coles (eds). Advances in psychophysiology. — Greenwich, Ct: JAI Press. — 1988. — V. 2. — P. 69–138.
12. Johnson R.Jr., Rosenfeld J.P. Oddball-evoked P300-based method of deception detection in the laboratory II: Utilization of non-selective activation of relevant knowledge // Intern. J. Psychophysiology. — 1992. — 12. — P. 289–306.
13. Kok A. On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity // Psychophysiology. — 2001. — V. 38. — P. 557–577.
14. Miyake Y., Okita T., Konishi K., Matsunaga I. Event-related potentials as an indices of detecting deception // Reports of National Institute of Police Science (Forensic Science). — 1986. — V. 39. — P. 132–138.
15. Miyake Y., Okita T., Konishi K. The effect of self-relevancy on event-related potentials as an indices of detecting deception // Reports of National Institute of Police Science (Forensic Science). — 1987. — V. 40. — P. 90–94.
16. Miyake Y., Okita T., Konishi K. Event-related potentials as an indices of detecting with presentation of face photograph // Paper presented at the 7th annual meeting of Society for Physiological Psychology and Psychophysiology. — 1989. — September. — Ngoya, Japan.
17. Miyake Y., Mizutani M., Yamahura T. Event-related potentials as an indicator of detecting information in field polygraph examinations // Polygraph. — 1993. — V. 22. — P. 131–149.
18. Rosenfeld J.P., Nasman V.T., Whalen R., Cantwell B., Mazzeri L. Late vertex positivity in event-related potentials as a guilty knowledge indicator: a new method of lie detection // Int. J. of Neuroscience. — 1987. — V.43. — P. 125–129.
19. Rosenfeld J.P., Cantwell B., Nasman V.T., Wojdac V. et al. A modified, event-related potential-based guilty knowledge test // Intern. J. Neuroscience. — 1988. — 24. — P. 157–161.

20. Rosenfeld J.P., Angell A., Johnson M., Qian J. An ERP-based, control-question lie detector analog: Algorithms for discriminating effects within individual's average waveforms // Psychophysiology. — 1991. — 38. — P. 319–335.
21. Rosenfeld J.P. Alternative views of Bashore and Rapp's (1993) alternatives to traditional polygraphy: A critique // Psychological Bulletin. — 1995. — P. 159–166.
22. Rosenfeld J.P., Ellwanger J.W. Cognitive psychophysiology in detection of malingered cognitive deficit // In: J.J. Sweet (ad.) Forensic neuropsychology: fundamentals and practice. — Lisse, Netherlands: Swets and Zerlander Publishers, 1999.
23. Rosenfeld J.P. Event-related potentials in detection of deception, malingering, and false memories // In: Handbook of polygraph testing (Ed. by M.Kleiner). — Ch. 10. — 2000. — P. 265–286.
24. Rosenfeld J.P. Scaled P300 scalp profiles in detection of deception. — September 2002. — Report No. DoDPI02-R-0005. — Department of Defense Polygraph Institute, Fort Jackson, SC 29207-5000.
25. Rosenfeld J.P., Rao A., Soskins M., Miller A.R. P300 scalp distribution as an index of deception: control for task demand // Polygraph. — 2004. — V. 33. — No. 2. — P. 115–129.
26. Rosenfeld J.P., Soskins M., Bosh G., Ryan A. Simple, effective countermeasures to P300-based tests of detection of concealed information // Psychophysiology. — 2004. — V. 41. — P. 205–219.
27. Rosenfeld J.P. The complex trial (CT) protocol: a new protocol for deception detection // Intern. J. of Psychophysiology. — 2006. — V. 61. — No. 3. — P. 305.
28. Stelmark R.M. et al. Event-related potentials and the detection of deception: A two-stimulus paradigm. — November 1994. — Report No. DoDPI93-R-0004. — Department of Defense Polygraph Institute, Fort McClellan, AL 36205.
29. Vendemia J.M.C. Center of advanced technologies for deception detection. — USA: University of South Carolina. — [Электронный ресурс.] — Доступ: www.vendemia.net
30. Vendemia J.M.C., Buzan R.F. Neural mechanisms of deception and response congruity in a visual two stimulus paradigm involving autobiographical information // Psychophysiology. — 2003. — 40 (Suppl. 1).
31. Vendemia J.M.C. Detection of deception // Polygraph. — 2003. — 32 (2). — P. 97–106.
32. Vendemia J.M.C., Buzan R.F. Neural mechanisms of deception and response congruity in a two-stimulus paradigm with motor response // Polygraph. — 2005. — 34 (1). — P. 24–46.
33. Vendemia J.M.C., Buzan R.F., Simon-Dack St.L. Reaction time of motor responses in two-stimulus paradigms involving deception and congruity with varying levels of difficulty // Behavioral Neurology. — 2005. — 16. — P. 25–36.
34. Witkin A.P. Scale-space filtering // Proc. 8th Int. Joint Conf. Art. Intell. — Karlsruhe, Germany, 1019–1022, 1983.