

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ПСИХОЛОГИИ

На правах рукописи

ГОЛОВАНОВА

Ирина Валерьевна

**ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ**

Специальность 19.00.02 – «Психофизиология» (психологические науки)

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата

психологических наук

Научный руководитель:

доктор психологических наук,

профессор Балин Виктор Дмитриевич

Санкт-Петербург – 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭМПИРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ.....	15
1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ И ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОБЛЕМЫ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ....	15
1.1.1. Теоретические предпосылки изучения понятийного мышления	16
1.1.2. Структуры понятийного мышления.....	20
1.2. СПОСОБЫ ЭМПИРИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ В ПСИХОЛОГИИ	25
1.1.2. Понятийные и допонятийные формы мышления	25
1.2.2. Роль инструкции в решении мыслительных задач	35
1.3 ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	38
1.3.1. ЭЭГ- корреляты мышления.....	39
1.3.2. Гипотеза нейроэффективности	43
1.3.3. Функциональное состояние нервной системы и информационно-энергетические соотношения познавательной деятельности.....	44
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ.....	46
2.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	46
2.1.1. Серия 1	47
2.1.2. Серии 2 и 3	50
2.1.3. Процедура психометрического исследования	53
2.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБОРКИ	54
2.3. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ	55
2.3.1. Методика «Обобщение по существенному признаку»	55
2.3.2. Решение метаграмм	59
2.3.3. Противоположные утверждения	66
2.3.4. Тест «Стандартные прогрессивные матрицы» Дж. Равена	71
2.3.5. Субъективная шкала оценки понимания инструкции	73

2.4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ПРОЦЕССЕ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ	73
2.5 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ	75
2.6. МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ.	75
ГЛАВА 3. ПОНЯТИЙНОЕ МЫШЛЕНИЕ И ЕГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ	77
3.1 СПЕКТРАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ ЭЭГ У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ УСПЕШНОСТИ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ	77
3.1.1. Сравнение спектральной мощности ЭЭГ в начале и конце решения мыслительных задач	77
3.1.2. Сравнение спектральной мощности ЭЭГ при решении мыслительных задач с понятийными преобразования различных типов	84
3.1.3. Анализ спектральной мощности ЭЭГ при различной успешности совершения понятийных преобразований.....	93
3.1.4. Обсуждение результатов изменений спектральной мощности ЭЭГ при различной успешности понятийного мышления.....	97
3.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОЭФФИЦИЕНТА ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЭЭГ В ПРОЦЕССЕ УСПЕШНОГО И НЕУСПЕШНОГО РЕШЕНИЙ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ.....	100
3.2.1. Изменения коэффициента фрактальной размерности ЭЭГ в процессе совершения понятийных преобразований	100
3.2.2. Анализ фрактальной размерности ЭЭГ у испытуемых с различными показателями психометрического интеллекта.....	104
3.2.3. Изменения фрактальной размерности ЭЭГ при успешном и неуспешном совершении понятийных преобразований	108
3.2.4. Обсуждение результатов анализа фрактальной размерности ЭЭГ при различной успешности понятийного мышления.....	112
3.3 СОПОСТАВЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ И ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЭЭГ	114

3.4. ДИНАМИКА АКТИВАЦИИ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ УСПЕШНЫХ И НЕУСПЕШНЫХ РЕШЕНИЯХ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ	118
3.5. ВЗАИМОСВЯЗЬ УСПЕШНОСТИ РЕШЕНИЯ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ИСПЫТУЕМЫМ С ОЦЕНКОЙ ПОНИМАНИЯ ИМ ИНСТРУКЦИИ К ЗАДАНИЮ	120
ВЫВОДЫ	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ1. ШКАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЛЬФА-РИТМА	152
ПРИЛОЖЕНИЕ2. ШКАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧСС	153

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Изучение мышления человека имеет многолетнюю традицию, однако психологические аспекты понятийного мышления остаются недостаточно теоретически и эмпирически разработанными. Исследователями отмечается, что понятийное мышление является высшей формой организации мыслительной деятельности взрослого человека, которая характеризуется способностью понимать сущностные характеристики объектов и закономерности явлений (Выготский Л. С., 1982; Веккер Л. С., 1976; Холодная М. А., 1983), что вносит ощутимый вклад в развитие и функционирование интеллекта человека (Веккер Л. М., 1998; Страбахина Т. Н., 1980; Холодная М. А., 1983, 2012; Ясюкова Л. А., 2005, 2010; Щербакова О. В., Осорина М. В., 2009; Flavell J. H., 1992; Mayer R. E., 1998). Актуальность фундаментальных исследований понятийного мышления заключается в уточнении психологических и психофизиологических механизмов, лежащих в основе интеллекта человека. С прикладной точки зрения изучение понятийного мышления открывает перспективы совершенствования психодидактики образовательных систем детей и взрослых (Панов В. И., 2007; Ясюкова Л. А., 2010; Гельфман Э. Р., Холодная М. А., 2012; Семеновских Т. В., 2014).

Применение психофизиологических методов и многомерных планов обработки регистрируемых показателей обеспечивает рассмотрение процессуальной стороны мышления с позиций системно-структурного принципа (Балин В. Д., 2012). В психологии изучение связи физиологических основ и психологических характеристик мыслительной деятельности соотносится с идеями системного подхода к изучению человека, который является традицией Ленинградской (Санкт-Петербургской) научной школы Б. Г. Ананьева. Ключевым аспектом данного подхода стало рассмотрение человека как индивидуальности, личности и субъекта деятельности в структуре его свойств индивида (Ананьев Б. Г., 2001). Кроме того, выявление

основных эмпирических характеристик понятийного и допонятийного мышления в работах Л. М. Веккера позволило развить идею о том, что создание и поддержание ментальной иерархии отношений объектов осуществляется за счёт специфических «энергетических» затрат, которые наблюдаемы в изменениях функционального состояния мозга и вегетативной нервной системы человека (Веккер Л. М., 1976; Веккер Л. М., Палей И. М., 1971; Шеховцова Л. Ф., 1987).

В современных работах широкое обсуждение получила так называемая гипотеза нейроэффективности, которая описывает обратную связь интеллектуальной (общей когнитивной) успешности с уровнем активации головного мозга (Neubauer A. C., Fink A., Schrausser D. G., 2002; Basten U. et al., 2013; Costanzo M.E. et al., 2016; Causse M. et al., 2017). Во время решения мыслительных задач более успешные испытуемые демонстрируют меньшую активацию мозга, чем менее успешные (Rypma B. et al., 2006; Grabner R. H. et al., 2006; Neubauer A. C., Fink, A., 2009; Dunst B. et al., 2014; Schultz D.H. et al., 2016), что позволяет отметить нелинейный характер соотношения физиологических реакций организма и наблюдаемых результатов мыслительной деятельности.

В этом отношении представляет интерес проблема связи психологических и физиологических «затрат» и успешности мышления, которую можно рассмотреть с позиций эффективности деятельности (Страбахина Т. Н., 1980; Балин В. Д., 1980; Ильин Е. П., 2001). Термин «эффективность», по нашему мнению, позволяет описать процесс мыслительной деятельности в контексте уровня успешности и психофизиологической «цены» такой деятельности, а также уточнения психофизиологических механизмов, которые лежат в основе данного соотношения.

Степень разработанности проблемы. Аналитический обзор классических и современных работ позволяет выделить несколько аспектов понятийного мышления, рассматриваемых исследователями. Первый аспект

заключается в теоретическом осмыслении феномена понятийного мышления и формулировании демаркационных критериев, позволяющих разделить допонятийную и понятийную формы мышления (Веккер Л. М., 1998; Выготский Л. С., 1999; Пиаже Ж., 2003; Холодная М. А., 2012; Harvey O. J., 1966; Schroder H. M., Driver M. J., Streufert S., 1970; Li R., 1996). Вместе с тем, можно наблюдать терминологические расхождения в описании мыслительных операций с понятиями. В качестве операнда понятийной мысли выступает концепт, по этой причине исследователями используется такой термин, как «концептуальное мышление» («conceptual thinking»), однако рассматривается то же психическое явление. Кроме того, термин «понятийное мышление» в настоящий момент используется не только в психологии, но и в культурологии применительно к обсуждению социального феномена «клипового мышления» (Гиренок Ф. И., 1995) без изучения его психологической природы.

Второй аспект касается методологических и методических аспектов оценки понятийного мышления, причем прослеживается неоднородность исследовательских подходов к выбору наиболее адекватного психологического инструментария. Так, один из подходов заключается в использовании психометрических тестов на интеллект (и их отдельных субтестов), таких как WAIS (Wechsler Adult Intelligence Scale) и WISC (Wechsler Intelligence Scale for Children) Д. Векслера (McCrae, R. R., 1987; Шеховцова Л. Ф., 1987; Лебедева Г. Г., 2015), Тест «Структуры интеллекта Р. Амтхауэра» (Intelligence Structure Test) (Anokhin A. P. et al., 1999; Ясюкова Л. А., 2010) и Тест «Стандартные прогрессивные матрицы» (Raven's Progressive Matrices) Дж. Равена (Бабаева Ю. Д. с соавт., 2012; Трифонова А. В., 2015). Другой подход характеризуется созданием специального методического материала, соответствующего задачам исследования, в первую очередь, изучению индивидуальных различий и уровня понятийных способностей (Осорина М. В., 1976; Страбахина Т. Н., 1980; Холодная М. А., 1983, 2012; Щербакова О. В., 2009; Холодная М. А., Алексапольский А.А., 2010;

Дружинина С. В., 2016), а также клинической диагностике (Поляков Ю. Ф., 1974; Зейграник Б.Ф., 1986; Чередникова Т. В., 2011, 2014; Вассерман Л.И. с соавт., 2014) и выявлению онтогенетических особенностей становления мышления (Ушаков Д. В., 2011; Хазова С. А., 2014; Трифонова А. В., 2015).

Третий аспект заключается в изучении физиологических коррелятов мыслительной деятельности, где используются различные методы регистрации динамики функционального состояния мозга и вегетативной нервной системы. Большая часть исследований сосредоточена на сопоставлении уровня интеллекта с показателями активности мозга в состоянии покоя (фоновой активности) и во время когнитивной деятельности, регистрируемой методом электроэнцефалографии (ЭЭГ), а именно с характеристиками спектральной мощности ЭЭГ (Giannitrapani D., 1969, 1973; Jaušovec N., 2000; Doppelmayr M. et al., 2002; Fink A., Neubauer A. C., 2006; Milz P., 2016; Wang M., 2017). Кроме того, существуют работы, посвященные исследованию вегетативных сдвигов, в частности измерению динамики сердечного ритма и кожно-гальванической реакции в процессе мыслительной деятельности (Одёрышев Б. С., 1976; Каменская В. Г., Томанов Л.Г., 2008; Luft S.D.V., 2009). Работы последних десятилетий характеризуются использованием метода функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) для выявления психофизиологических коррелятов интеллектуальной успешности (Thatcher R.W., North D., Biver C., 2005; Neubauer A. C., Fink A., 2009; Lipp I. et al., 2012; Basten U. et al., 2013; Dunst V. et al., 2014). С нашей точки зрения, перспективным подходом является параллельное изучение функционального состояния центральной и вегетативной нервных систем в процессе совершения испытуемым мыслительной деятельности.

Целью диссертационной работы является изучение психофизиологических показателей понятийного мышления и их связи с эффективностью мыслительной деятельности.

Задачи исследования:

1. Изучить характер распределения спектральной мощности ЭЭГ в процессе решения испытуемыми задач с преобразованием понятий при различной успешности ответов.

2. Исследовать изменения коэффициента фрактальной размерности сигналов ЭЭГ в процессе решения испытуемыми задач на преобразование понятий при различной успешности ответов.

3. Соотнести полученные показатели динамики распределения спектральной мощности и коэффициентов фрактальной размерности ЭЭГ в процессе понятийного мышления в случаях различной успешности испытуемых.

4. Описать изменения активации вегетативной нервной системы во время понятийного мышления в зависимости от различной успешности, проанализировав вариабельность сердечного ритма и кожно-гальваническую реакцию, а также сравнить данные вегетативные показатели с фоновыми.

5. Выявить связь успешности ответов испытуемых с уровнем понимания инструкций к задачам на понятийные преобразования.

6. Сопоставить особенности динамики вегетативной и мозговой активации в процессе мыслительной деятельности при различных уровнях успешности испытуемых и охарактеризовать психофизиологические показатели эффективности понятийного мышления.

Объект исследования: эффективность понятийного мышления.

Предмет исследования: психофизиологические показатели эффективности понятийного мышления, определяемые на основе изучения функционального состояния мозга (методом ЭЭГ) и вегетативной нервной системы (методами анализа вариабельности сердечного ритма и кожно-гальванической реакции) при различной успешности мыслительной деятельности.

Гипотезы исследования:

1. Эффективность понятийного мышления отражается в изменении электрофизиологических показателей активности головного мозга, где при успешных ответах наблюдается сравнительно более низкая активация (в изменениях спектральной мощности и фрактальной размерности ЭЭГ), чем при неуспешных.

2. Эффективность понятийного мышления характеризуется меньшей вариабельностью реакций вегетативной нервной системы (показателей вариабельности сердечного ритма и кожно-гальванической реакции) у более успешных испытуемых в сравнении с менее успешными.

3. Существует зона оптимального сочетания мозговой и вегетативной активаций, при которой наблюдается наибольшая успешность в решении мыслительных задач, что проявляется в задачах с преобразованиями понятий.

Теоретическую и методологическую базу исследования составили принцип системного описания человека (Ананьев Б. Г., 2001), комплексный подход к изучению психики (Бехтерев В. М., 2012), учение о доминанте и констелляции нервных центров (Ухтомский А. А., 2002), теория функциональных систем (Анохин П. К., 1975) и системно-эволюционная теория (Швырков В. Б., 1995), структурно-функциональная модель мозга (Лурия А. Р., 1970), концепция продуктивного мышления (Вертгеймер М., 1987), смысловая теория мышления (Тихомиров О. К., 2005), представления о понятийном мышлении как интегральной форме интеллекта в рамках информационной теории психических процессов (Веккер Л. М., 1998; Холодная М. А., 2012) и о соотношении информационных и энергетических характеристик нервно-психической деятельности (Веккер Л. М., Палей И. М., 1971), а также гипотеза нейроэффективности (Neubauer A. et al., 2002, 2005, 2009).

Научная новизна исследования.

Диссертационная работа представляет собой психофизиологическое исследование, в ходе которого выявлены и описаны физиологические

изменения, сопровождающие мыслительную деятельность по преобразованию понятий, традиционно исследуемую только с помощью психологических методик.

В диссертации представлен дизайн психофизиологического исследования процессуальной стороны мыслительной деятельности, где приведен опыт адаптации стимульного материала, традиционно предъявляемого испытуемому на бланке, для процедуры электрофизиологического обследования. Кроме того, помимо классического способа изучения ЭЭГ – измерения спектральной мощности – применяется алгоритм вычисления коэффициента фрактальной размерности сигнала ЭЭГ как меры его сложности. Такой подход к обработке данных расширяет представления о способах описания уровня активации мозга при регистрации электроэнцефалографических показателей. Полученные данные о специфике функционального состояния мозга и вегетативных сдвигов в процессе понятийного мышления были сопоставлены с результатами психологических методик, что позволило охарактеризовать возможности методических приемов изучения мыслительной деятельности в психофизиологии.

С позиций изучения информационных и энергетических характеристик психической деятельности раскрываются особенности их соотношения при понятийном мышлении в контексте вопроса эффективности мыслительной деятельности. Для описания эффективности понятийного мышления анализируются и сравниваются совместные изменения функционального состояния центральной и вегетативной нервных систем. Это позволило охарактеризовать соотношения мозговой и вегетативной активации при различной успешности мышления, а также выдвинуть предположения об оптимальном их соотношении, которое опосредует эффективность понятийного мышления.

Теоретическая и практическая значимость.

Результаты диссертационного исследования вносят вклад в представления о психофизиологических механизмах эффективности

понятийного мышления. Полученные данные расширяют взгляды о соотношении информационных и энергетических характеристик психической деятельности в контексте мыслительной деятельности разной результативности. С методической точки зрения, разработанная и апробированная в ходе психофизиологического исследования батарея стимульных задач может использоваться в дальнейшем в различных экспериментальных дизайнах для изучения понятийного мышления. Приведенная в диссертации методика электрофизиологического обследования может быть внедрена в экспериментальные планы изучения различных когнитивных процессов.

Описанные в диссертации результаты могут послужить основой для составления методических комплексов оценки понятийного мышления подростков и взрослых, а также использоваться для создания программ коррекции мышления. Стимульный материал, представленный в диссертационной работе, может использоваться в работе психолога как дополнение к психометрическому тестированию интеллекта.

Методы исследования.

Психофизиологические методы: ЭЭГ (регистрация с помощью электроэнцефалографического комплекса «ТЕЛЕПАТ-104Р» с 19 отведениями совместно с использованием программного обеспечения WinEEG), кожно-гальваническая реакция (КГР) и электрокардиография (анализ variability сердечного ритма – ВСР).

Психологические методы исследования: Тест «Стандартные прогрессивные матрицы» Дж. Равена (Raven's Progressive Matrices) (CogitoCentre, 2012); методика «Обобщение трех слов» (Холодная М. А., 2012), адаптированная для процедуры психофизиологического исследования; разработанный стимульный материал, состоящий из задач с преобразованием понятий (решение метаграмм (Щербакова О. В., 2009) и аргументация противоположных утверждений).

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Динамика психофизиологических показателей в процессе понятийного мышления имеет стадийный характер и включает, по крайней мере, две стадии. Причем особенности активации головного мозга отличаются от первой ко второй стадии решения задач на преобразования понятий.

2. Психологические показатели успешности понятийного мышления связаны с особенностями динамики функционального состояния мозга и вегетативной нервной системы в процессе мыслительной деятельности таким образом, что их сравнительно меньшая активация сопровождает успешные ответы, а большая – неуспешные.

3. Психофизиологические показатели эффективности понятийного мышления на уровне активации головного мозга заключаются в том, что при успешных ответах наблюдается меньшая сложность сигналов ЭЭГ и изменения спектральной мощности в сторону низкочастотных ритмов.

4. Психофизиологические показатели эффективности понятийного мышления на уровне вегетативной нервной системы характеризует наличие меньшей вариабельности сердечного ритма и кожно-гальванической реакции в процессе мышления по сравнению с данными показателями в состоянии покоя.

Достоверность результатов исследования обеспечивается анализом теоретических и методических оснований исследования психофизиологических коррелятов мышления, корректным применением психологических и психофизиологических методов, адекватностью объема выборки, а также использованием адекватных задачам методов математико-статистической обработки данных: анализа распределения спектральной мощности и фрактальной размерности сигналов ЭЭГ, изучения вариабельности сердечного ритма, показателей амплитуды и мощности кожно-гальванической реакции, а также MANOVA с повторными измерениями и многофакторного плана GLM, выполненных в программном пакете Statistica 10.

Апробация и внедрение результатов работы.

Результаты диссертационного исследования были доложены и обсуждались на заседаниях кафедры медицинской психологии и психофизиологии Санкт-Петербургского государственного университета, а также на Международной конференции «Applied Neuroscience and Social Well-Being» (Москва, 26–28 ноября 2013 г.), Шестой международной конференции по когнитивной науке (Калининград, 23–27 июня 2014 г.), 17-м Всемирном конгрессе по психофизиологии (17th World Congress of Psychophysiology of the International Organization of Psychophysiology) «IOP-2014» (Хиросима, Япония, 23–27 сентября 2014 г.), Международной научной конференции молодых учёных «Психология XXI века: академическое прошлое и будущее» (Санкт-Петербург, 20–23 апреля 2015 г.), Международной научной конференции «Ананьевские чтения–2016. Психология – вчера, сегодня, завтра» (Санкт-Петербург, 25–29 октября 2016 г.), Международной научной конференции молодых учёных «Психология XXI века: системный подход и междисциплинарные исследования» (Санкт-Петербург, 18–20 апреля 2017 г.) и 10-ой Ежегодной международной конференции «Embodied and Situated Language Processing Conference. ESLP-2017» (Moscow, 10-12 сентября 2017 г.).

Материалы и основные результаты диссертационного исследования внедрены в курсы «Психофизиология с практикумом» и «Физиология психической деятельности», читаемые на факультете психологии Санкт-Петербургского государственного университета по направлениям подготовки «Психология» и «Клиническая психология».

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, из них 3 – в журналах, включённых в перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ для публикации результатов диссертаций на соискание учёной степени кандидата и доктора наук.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭМПИРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ

Данная глава содержит анализ работ, посвященных изучению мыслительной деятельности, и отражает теоретико-методологические основания диссертационной работы. Исследуются терминологические и психологические вопросы феноменологии понятийного мышления. Обосновывается необходимость междисциплинарного подхода к изучению процессуальной стороны мышления, а также роль взаимосвязи его успешности с функциональным состоянием нервной системы в понимании природы индивидуальных различий интеллектуальных способностей. Представлены возможности психофизиологического исследования протекания мыслительной деятельности при различиях в степени успешности решения мыслительных задач и уровне интеллекта.

1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ И ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОБЛЕМЫ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ

Зрелость и успешность протекания мыслительной деятельности человека существенно отражаются на уровне интеллекта, который, в свою очередь, определяет общее социальное и экономическое благополучие человека. Однако при несомненной прикладной значимости исследований мышления, единого взгляда на природу успешности мыслительной деятельности в настоящий момент не существует. Более того, мышление как психический процесс остается одним из наименее теоретически и методически осмысленных в психологии. В особенности данное противоречие касается понятийной формы мышления, которая понимается исследователями как высший уровень познавательной сферы человека (Веккер Л. М., 1998) и отличительная характеристика зрелого мышления (Выготский Л. С., 1999).

При этом не существует общепринятых теоретических моделей, описывающих природу понятийного мышления и его успешности ни со стороны психологии, ни в междисциплинарном ключе.

Основные теоретические взгляды на психологию понятийного мышления базируются на представлениях о проблемно-ориентированном характере мышления (например, парадигма когнитивных исследований «problem solving») и свойствах его продуктивности в поиске связей между объектами и явлениями. Кроме того, М. А. Холодной отмечается, что «чем выше уровень сформированности понятийных структур, тем большее влияние понятийное мышление оказывает на устройство и функционирование индивидуального интеллекта» (Холодная М. А., 2007: с. 100). Данная постановка вопроса позволяет предположить, что понятийное мышление является одной из несущих характеристик, определяющих индивидуальные различия в интеллекте.

1.1.1. Теоретические предпосылки изучения понятийного мышления

В исторической ретроспективе исследовательских трудов можно отметить переход от рассмотрения мышления в репродуктивном ключе к осмыслению его продуктивного характера. Идея о репродуктивном характере мышления проявилась в XVII – XIX вв. в школе ассоциативной психологии, где психическая деятельность объяснялась с позиций принципа ассоциации. К ассоциации в ключевых для данного направления работах Д. Гартли, Дж. Пристли и Дж. С. Милля сводились и мыслительные понятия (Шорохов Е. В., 1987).

Первые же работы, где был использован эксперимент для изучения процесса мышления и отмечался продуктивный характер мышления, относятся к началу XX века, когда лидирующие позиции в изучении данной проблемы заняли исследователи так называемой Вюрцбургской школы психологии. В лаборатории под руководством О. Кюльпе проводились эксперименты, обосновывающие понимание мышления как способности

установить связи и отношения между объектами окружающей среды. Например, в исследованиях Н. Аха было показано, что формирование понятий носит продуктивный (а не репродуктивный) характер (там же, 1987). Такие данные опровергали прежние воззрения о ведущей роли ассоциативных связей в мыслительной деятельности. Исследователями Вюрцбургской школы было экспериментально показано существование в процессе мышления «детерминирующей тенденции», которая определяет и направляет мысленные образы. Примечательно, что на этот же исторический период приходится формулирование учения о доминанте психической деятельности А. А. Ухтомского (Ухтомский А. А., 2002), что с физиологической точки зрения дополняет выводы из поведенческих экспериментальных наблюдений о детерминировании мысленных образов.

Однако вместе с мысленными образами в Вюрцбургской школе мышления рассматривались и личностно-волевые компоненты достижения цели (то есть решения или ответа на задачу), что не дифференцировало мыслительные операции, а в большей степени определяло их как общий комплекс действий по решению задачи. Помимо этого, в данных исследованиях основным методом была интроспекция, предполагающая самоотчет испытуемого о процессе мышления. Собственно, наблюдение о том, что интроспективный метод не позволяет в полной мере реконструировать мыслительную деятельность и постоянно подвергается «редактированию» с помощью актуальных стимулов внешней среды, и привел приверженцев Вюрцбургской школы к выводу о продуктивном характере мышления.

Основываясь на первых экспериментальных исследованиях Вюрцбургской школы, в рамках школы гештальтпсихологии (также существовавшей в первой половине XX века) стала рассматриваться «проблемная» сторона мышления. Пионером данного подхода можно считать М. Ветгеймера, посвятившего данному вопросу работу «Продуктивное мышление», опубликованную лишь в 1945 году после смерти автора. Ситуация, требующая решения некой мыслительной задачи, является

проблемной и «запускает» продуктивное мышление. Продуктивное мышление направлено на установление связей между существующими условиями задачи (окружающей среды) и новыми, что и понимается как продуктивность (Вергеймер М., 1987). Если рассматривать продуктивное мышление как процесс, то он сводится к созданию «продукта» мышления, которым является решение той или иной задачи. Вергеймер, являясь одним из основателей гештальт-подхода в изучении восприятия, приходит к выводу о том, что «мышление заключается в усмотрении, осознании структурных особенностей и структурных требований [...], в изменении ситуации в направлении улучшения её структуры» (Вергеймер М., 1987: с. 270), а значит, изменении соотношений классических для гештальтистов «фигуры» и «фона» мыслительной деятельности.

Дальнейшее рассмотрение мышления в русле гештальтпсихологии принадлежит К. Дункеру, который определял мыслительные задачи как «случаи, доступные пониманию» (Дункер К., 1981), а сам процесс мышления – как уточнение взаимосвязанных условий задачи и переформулирование целей (здесь прослеживается влияние идей Вюрцбургской школы, где процесс решения понимался не только в познавательном, но и в мотивационно-волевом ключе). Данный процесс именовался «развитием решения». Дункером был описан феномен функциональной закреплённости, который заключается в том, что использованные ранее определенным образом предметы трудно использовать иначе, поскольку в сознании субъекта за ними уже закреплена конкретная функция. Критикуя экспериментальную технику интроспективных ответов испытуемых о собственном мышлении, Дункер развивает метод задач, впоследствии ставший основным методом изучения мышления. Классическая и наиболее известная задача об X-лучах (1926 г.), использованная Дункером для изучения функциональной закреплённости, формулируется следующим образом: «Ваша задача состоит в том, чтобы определить, каким образом следует применить определенный вид X-лучей, имеющих большую интенсивность и способных разрушить здоровые ткани, чтобы излечить

человека от опухоли в его организме» (Дункер К., 1981). Выводы из работы с этой задачей в эксперименте состоят в том, что мышление активно, когда необходим поиск нового способа решения, а старым воспользоваться невозможно. Отсутствие готового алгоритма действий и невозможность использовать привычные способы для решения текущих задач являются условием для совершения мыслительных операций. В контексте проблемы понятийного мышления данный постулат согласуется с идеей о связи неявных характеристик объектов, составляющей понятийную форму мысли.

Проявления продуктивности мышления продемонстрированы в экспериментах В. Келера, также придерживающегося принципов гештальтпсихологии. Классическим стал эксперимент с обезьяной-шимпанзе (Келер В., 1980), которая «догадалась» использовать палки разной длины для того, чтобы достать закреплённую приманку. Интерпретировать психологическое содержание данного способа решения задачи можно не только в рамках гештальтпсихологии, но и с позиций принципа «анализ через синтез» (где создание нового способа действий происходит через включение предмета в имеющуюся систему связей), который через несколько десятилетий стал обсуждаться в советской психологии (Брушлинский А. В., 1994; Рубинштейн С. Л., 2006).

Кроме того, в рамках данного подхода активно обсуждалось явление инсайта, что привело к разделению типов экспериментальных задач по процессу их решения на инсайтные (предполагающие ключевой, поворотный этап решения с помощью инсайта («озарения»), где устанавливаются связи между объектами) и регулярные, требующие последовательного изучения элементов задачи (Спиридонов В. Ф., 2006).

Таким образом, теоретическая и эмпирическая база исследований мышления в рамках крупных школ – Вюрцбургской и гештальтпсихологии – позволила выявить континуальный (процессуальный) характер мышления и укрепить позиции исследовательского метода задач для изучения протекания мыслительной деятельности. Идея о продуктивном и реорганизующем

характере мышления позволила обратиться к ненаблюдаемой его стороне – процессу преобразования мыслительных структур, по-новому взглянув на феномен мышления. Теперь он рассматривался и оценивался не только в наблюдаемых результатах, но как сложноорганизованный процесс, имеющий свои этапы и специфику. Продуктивный аспект мышления предполагает акцент на субъекте, который активен в решении мыслительной задачи. Такие заключения можно считать первым шагом к пониманию того, что мышление человека имеет стадийный характер, но может быть по-разному эффективно в зависимости от соотношений различных условий протекания мыслительной деятельности.

1.1.2. Структуры понятийного мышления

Повторный, после школы гештальтпсихологии, всплеск научного интереса к мыслительным операциям и, в частности, к формированию понятий возник в связи с когнитивной «революцией» 50-х годов XX века. В ранних работах Дж. Брунера описан эксперимент, в котором участникам необходимо было освоить понятие и привести пример, демонстрирующий его существенные признаки (Брунер Дж., 1977). Результаты его экспериментов описывают три вида ответов: одновременное, последовательное или консервативное сканирование. Испытуемый либо перебирал множество возможных гипотез одновременно, либо постепенно заменял первую на более подходящую, либо переформулировал одну и ту же гипотезу. Стремление когнитивных психологов разбить психическую деятельность на элементы в данном случае отразилось в описании природы мыслительных преобразований. Дж. Брунер утверждал, что ключевой особенностью развития мышления является возможность переходов к разным стратегиям, то есть к способности преобразовывать мыслительные структуры.

Особое место в когнитивной психологии занимает исследование ментальных репрезентаций как внутренних познавательных структур. Принимая репрезентацию за операнд мышления, когнитивными психологами отмечается, что мысленная репрезентация представляет собой «описание на

функциональном уровне анализа того, как мозг хранит информацию» (Косслин С., 2011). Выдвигаемые гипотезы о двойном кодировании и образном коде (Paivio А.А., 1979; Косслин С., 2011) указывают на динамический характер операндов мышления.

Иерархичность ментальных репрезентаций отмечалась в исследованиях, посвященных когнитивной семантике, где отдельно необходимо отметить теорию прототипов Э. Рош (Rosh E., 1976), согласно которой существуют наиболее типичные примеры ментальных репрезентаций. В рамках данной теории обсуждалось существование ментального базового уровня (промежуточного уровня абстракции для решения широкого класса когнитивных задач) и типичности (самого репрезентативного, типичного примера на базовом уровне абстракции).

Некоторое продолжение данные идеи получили в когнитивной лингвистике, которая занимается исследованиями роли языка в когнитивных процессах, в терминах языкознания описываются те единицы познания, которыми оперирует субъект (Маслова В. А., 2008; Скребцова Т. Г., 2011). Так, вводятся понятия, расширяющие круг феноменов, стоящих за ментальной репрезентацией. Одним из центральных феноменов современной когнитивной лингвистики является концептосфера. Концептосфера в широком смысле понимается как «совокупность концептов, из которых, как из мозаичного полотна, складывается миропонимание носителя языка» (Маслова В. А., 2009), единицей которой является концепт. Но концепт здесь рассматривается в более широком контексте, нежели в психологии, как «оперативная единица памяти, ментального лексикона, концептуальной системы и языка мозга, всей картины мира, квант знания. Самые важные концепты выражены в языке» (Кубрякова Е. С., 1997: с. 90). Часть исследователей обсуждает также понятие ментального лексикона (Залевская А. А., 1999) как системы, отражение которой в «языковой способности знания о словах и эквивалентных им единицах и выполняющая сложные функции, связанные как со словами, так и со стоящими за ними структурами репрезентации энциклопедических знаний»

(там же, с. 97). При этом часть исследователей (Попова И. И., Стернин З. Д., 2007) указывают на то, что данные понятия «перекрывают» значения друг друга. Однако ментальный лексикон, являясь в большей степени языковым феноменом, не отражает взаимосвязи концептов на психическом плане субъекта.

В когнитивной лингвистике вводится также термин «ментальное пространство» и рассматривается опосредующая роль психического процесса для языковых проявлений, а сами ментальные пространства рассматриваются сквозь призму языка. С помощью грамматических (сугубо языковых) элементов («ментального пространства») на внутриспсихическом плане возникают понятия, которые составляют субъективную «площадку» для решения мысленной задачи. Ввиду необходимости описания динамической природы ментальных репрезентаций понятие ментального пространства видится перспективным, поскольку отражает динамичность структур субъективного опыта (Fauconnier G., 1994; Fauconnier G., Turner M., 2002) в рамках лингвистической теории концептуальной интеграции. В ментальном пространстве «собираются» образные и семантические конструкторы, составляя «поле» мыслительных операций человека в ходе решения задачи.

Вместе с тем, такое рассмотрение ментальных репрезентаций и пространств с опорой на связь мышления со знаковой системой, подчеркивает роль сформированности языка и речи и в формировании понятийного мышления.

В психологии ментальная репрезентация описывается следующим образом: «Модель ментальной репрезентации является в сущности вариантом разработки проблемы психического отражения, включающей проблему субъективного образа, но делает упор на познавательном аспекте или когнитивной функции психического» (Брушлинский А. В. с соавт., 1998: с. 9). Под ментальной репрезентацией понимается феномен, охватывающий субъективную внутриспсихическую сторону мысленного образа, подчеркивается ее динамический характер. Такое понимание операнда

мыслительной деятельности также отражает его субъективный и динамический характер.

В рамках когнитивного течения также проводилось теоретическое осмысление психологической природы концептов (как схем, которые преобразуют и кодируют стимулы и ментальные репрезентации). По аналогии с поиском содержания так называемого «черного ящика» между стимулом и реакцией в когнитивной психологии, концепт рассматривается как опосредующее звено между стимулом и субъектом (Harvey O. J., 1966). Такой подход был назван теорией понятийных систем, и в его рамках концепт предстает в психике как внутренний оценочный фильтр. Определяющая роль всей понятийной системы (системы связей концептов) отводится ее структурным характеристикам. Это следующие полюсы свойств: ясность или неопределенность (четкость границ между понятиями), открытость или закрытость (степень вариативности понятийной системы), центральность или периферийность (степень значений понятий в системе), связность или компартиментализация (степень связанности понятий между собой) (Холодная М. А., 2012). В целом же уровень организации понятийной системы можно охарактеризовать как «конкретный» или «абстрактный», где более абстрактная понятийная система будет относиться к высокому уровню организации понятийного мышления. Причем ключевым поведенческим проявлением различий между данными характеристиками понятийной системы является зависимость или свобода от внешних стимулов: для «абстрактной» понятийной системы будет характерна независимость от воздействия окружающей среды. В данной теории утверждается неразрывная связь организации понятийных систем и функционирования «Я» и подчеркивается интегрированность высших мыслительных структур в структуру личности (Harvey O. J., 1996). Подобная идея согласуется с концепцией когнитивных стилей (Холодная М. А., 2004) и подчеркивает значение индивидуальных различий в уровне понятийного мышления, фактически отождествляя их со стратегиями мышления.

Таким образом, рассмотрение структурной стороны понятийных преобразований, отразившееся в исследованиях когнитивных психологов и лингвистов, позволило приблизиться к описанию сложной динамической структуры мыслительных операндов.

Рассмотренные нами исследования, касающиеся понятийного мышления, не описывают прицельно понятийные преобразования: внимание в них в основном уделяется структурным характеристикам мыслительных операций. Безусловно, вопрос о том, что можно признать единицей понятийных преобразований, во многом имеет дискуссионный характер. Однако понятийное мышление и его операнды могут быть рассмотрены не только как структуры и результат мышления, но и в функциональном аспекте. Тогда открывается возможность анализировать не только с результат мыслительного акта, но и с собственно мыслительные преобразования – работу мышления, которая приводит к преобразованию понятия (концепта).

В существующих концепциях относительно природы понятийного мышления отмечается, что оно представляет собой самую сложную форму мышления как процесса и является онтогенетически самым поздним. И хотя за единицу анализа принимаются разные конструкторы и используются разные термины, можно говорить о существовании такого психического феномена как понятийное мышление и его границах. Обобщая изложенные взгляды, можно отметить понятийные структуры (операнды мышления), понятийные преобразования (совершающиеся на ментальном внутреннем плане) и ментальные репрезентации (которые возникают в результате преобразований и являются условием продуктивности мышления).

При этом очевидно, что разделить операцию мышления и его результат в данном случае можно лишь условно, но такое детальное рассмотрение всех аспектов этого процесса позволяет получить более полную картину того, как проявляет себя понятийное мышление, сталкиваясь с задачей. Мы считаем целесообразным рассматривать как структурные следующие характеристики понятийного мышления: разноуровневый характер, процесс словесно-

образного перевода, сложность когнитивного состава и системность (Холодная М. А., 2012) с опорой на их процессуальный характер.

1.2. СПОСОБЫ ЭМПИРИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ В ПСИХОЛОГИИ

В контексте современных взглядов на психологию мышления лидирующее место можно отвести двум исследовательским стратегиям: использованию тестов на интеллект для описания структурных особенностей мыслительной деятельности и экспериментальным дизайнам, где уровень мышления тестируется в решении различных задач. Кроме того, понимание структурных особенностей понятийного мышления дают сравнение групп испытуемых разного возраста, личностных особенностей, а также данные клинических исследований.

1.2.1. Понятийные и допонятийные формы мышления

Стандартным подходом в изучении феноменологии психических процессов является описание его онтогенетических аспектов, поэтому несколько программных для исследования проблемы понятийного мышления трудов посвящены пониманию природы понятийных преобразований в процессе их формирования.

Центральное место в осмыслении иерархии мыслительных операций занимают исследования Ж. Пиаже. В своей структурно-генетической теории интеллекта Ж. Пиаже рассуждает не об отдельных операциях, а совокупности опыта мыслительных операций, приобретаемого в развитии и служащего адаптации, а именно – об интеллекте.

Проводя эксперименты с детьми, Пиаже анализирует изменения осуществляемых в процессе мышления операций при разном возрасте. Была создана периодизация этапов развития мышления на основе преобладания различных интеллектуальных структур: сенсо-моторный интеллект,

конкретно-операциональный (репрезентативный) интеллект и формально-операциональный интеллект (Пиаже Ж., 2003). Последняя стадия формально-операционального интеллекта начинается в 11 лет и продолжается в юношеском периоде.

Как единицу мышления Ж. Пиаже рассматривает «группировку», которая является обратимой логической структурой. Интеллектуальное развитие можно описать в виде изменений группировок, последовательно вытекающих друг из друга. В его наблюдениях и исследованиях было показано, что до овладения логическими операциями ребенок тоже группирует объекты и действия (там же, 2003).

Разграничивая дооперациональную (допонятийную) и операциональную (понятийную) стадии в теории Пиаже рассматривается другой важный психологический феномен, имеющий определяющее значение для развития мышления, – эгоцентризм. Эгоцентризм мышления является отличительной чертой допонятийной стадии мышления и через его изучение возможно описание развития основных черт понятийного мышления. Способность к децентрации (преодолению эгоцентризма за счет изменения проблемного поля мыслительных действий) является в теории Пиаже основой развития интеллекта. Децентрация предполагает не только зрелость мыслительных операций, но и социальное развитие, а непосредственно наблюдаемой становится в речи. Идея децентрации согласуется с описанными выше взглядами гештальтпсихологов и подтверждает необходимость преобразования мыслительных операндов для решения задачи.

Другой взгляд на природу понятийного мышления описан в рамках культурно-исторической теории Л.С. Выготского. В своей работе «Мышление и речь» Л.С. Выготский, как и Ж. Пиаже, рассматривает процесс образования понятий и перехода от допонятийных форм мышления к понятийным в контексте общего психического созревания субъекта (Выготский Л. С., 1999). Но в отличие от Пиаже, Выготский отмечает ключевую роль знака, который опосредствует мышление. Это опосредствование и является переходом к более

зрелой форме мышления, где овладение понятием является наибольшим развитием мышления.

В развитии мышления Л.С. Выготский выделяет три этапа, описывая структурные его компоненты. Первый этап отмечен появлением в мышлении ребенка синкретов («куч» предметов), выявленных на основе случайных ассоциативных связей. Когда у ребенка появляется задача группировки предметов, он соединяет их в неупорядоченное – синкретное – множество. Составные элементы синкретного множества связаны между собой тем, что оказывают единое впечатление на ребенка. В то же время для них характерно отсутствие единого признака, на основе которого может производиться обобщение.

Первый этап внутри синкретического мышления заключается в объединении предметов в синкреты методом проб и ошибок, на втором этапе для объединения синкретного множества ребенок задействует пространственные соотношения, например, собирает все рядом находящиеся предметы. На третьем этапе синкретного мышления наблюдается, что ребенок способен перегруппировать предметы, ранее объединенные в другие группы (Выготский Л. С., 1982).

Следующим после синкретного мышления этапом является мышление в комплексах. Ребенок обобщает отдельные предметы уже не по субъективным, а по объективным связям. Комплексы операционально (но не содержательно) копируют преобразования понятий, которое свойственно зрелому мышлению. Комплексное мышление, согласно Выготскому, позволяет преодолеть характерный для детского мышления эгоцентризм, поскольку в мышлении начинает появляться связность и объективность. Но основное отличие комплексов от понятий заключается в свойствах операндов мышления, которые создаются при помощи ассоциативных связей.

Выготский разделяет виды мышления в комплексах. Самый примитивный из них представляет собой обобщение на основе связей по любому ассоциативному признаку. Обобщение происходит вокруг так

называемого «ядра» комплекса. Более сложным видом является комплекс-коллекция. Здесь предметы группируются на основе взаимного дополнения. Все элементы комплекса разнородны (одинаковые элементы не входят в комплекс-коллекцию), но объединены друг с другом общей цепью дополнений. Третий вид мышления в комплексах тоже характеризуется цепным объединением и называется цепным комплексом. Предметы группируются по принципу объединения отдельных звеньев в одну цепь, которая уже будет связывать все элементы. Такое мышление носит образный характер, но в нем отсутствует иерархическая связь, поскольку все признаки принципиально равны по своему значению. Соответственно, характер связи в таком случае остается трансдуктивным (от частного к частному), в то время как зрелому понятийному мышлению доступны также гипотетико-дедуктивные связи (от общего к частному и от частного к общему). Четвертый вид мышления в комплексах Л.С. Выготский называет диффузным комплексом. Здесь основание обобщения уже отчетливее, но границы комплекса остаются «размытыми», как и само основание классификации.

Далее следует тип, который относится к комплексному мышлению, но иллюстрирует переход от него к формированию понятийной формы – уровень псевдопонятий. На этой стадии субъект копирует понятийное мышление операционально, но не содержательно. Онтогенетически такое мышление характерно для детей дошкольного возраста, где можно наблюдать построение ребенком ситуативных связей, «форма» которых сходна с истинно понятийными преобразованиями.

Третьим после синкретов и коллекций этапом, которым субъект овладевает в юношеской стадии, является уровень понятийного мышления. Выготский называет его уровнем «истинных» понятий, где основанием для объединения служат не «чувственные» признаки объектов, а их объективные (существенные) характеристики. В этом аспекте Л.С. Выготский, в отличие от Пиаже, вновь отводит главенствующую роль знаку и его опосредствующей функции. Появление речи и слова как знака является ключевой точкой в

развитии понятийного мышления, ведь благодаря владению знаковой системой (языком) субъект синтезирует понятие и слово. Иными словами, ментальная репрезентация объекта мышления соединяется со знаком, который может её эксплицировать.

Онтогенетический аспект развития понятийных структур позднее был рассмотрен в теории концептуального интеллекта Р. Ли, где интеллект в действительности представляет собой концептуальный (понятийный) интеллект, образованный в развитии концептуального мышления и концептуального обучения (Li R., 1996). Овладение концептуальным интеллектом в онтогенезе Р. Ли, вслед за Выготским, связывает с усвоением языка. С появлением концептов в структуре мыслительных операций появляются и более сложные виды интеллектуальной деятельности, а именно: нарратизация (ментальное упорядочивание событий, происходящих с субъектом), имагинация (создание воображаемых ментальных конструкций) и аргументация (связанная с оперированием абстрактными и логическими единицами). Заметим, что способность к абстрагированию как сопутствующую высшим формам развития интеллекта отмечал и Ж. Пиаже при описании стадий развития интеллекта. Сама же идея концептуального интеллекта позволяет рассмотреть понятийные уровни мышления в их роли в развитии интеллекта человека.

Исследования детского мышления в его развитии позволяют делать определяющие выводы о характере и уровнях допонятийных и понятийных структур. Несмотря на то, что в работах Ж. Пиаже и Л.С. Выготского есть принципиальные различия, они объединены выводами о стадийности развития мышления и описывают самые сложные его формы. В то же время, вопрос насколько однозначны такие стадийные переходы в реальном развитии каждого человека, сегодня рано признавать решенным. Являясь самой верхней стадией, понятийное мышление не статично, и знаменитая фраза Л.С. Выготского «Мыслит не мышление. Мыслит человек» отражает актуальность рассмотрения не только мыслительных операций, но и учитывания

личностных, мотивационных и средовых факторов процесса решения задачи. Так, появление мыслительных операций, характерных для допонятийного мышления, у взрослых людей может быть связано с «погружением» в недостаточно структурированную систему знаний (Страбахина Т. Н., 1980). В последних работах такие проявления связывают с «вмешивающимися» в текущий процесс мышления «дефицитами» метакогнитивной регуляции и непродуктивными стратегиями интеллектуальной деятельности, в частности вызванными экспериментальными изменениями образовательных систем (Осорина М. В., Щербакова О. В., Аванесян М. О., 2011).

Для изучения формирования понятий у взрослых Выготским была разработана методика двойной стимуляции (известная также как методика Выготского-Сахарова). Задача испытуемого состояла в том, чтобы овладеть «искусственным» понятием (в качестве стимульного материала предлагались стереометрические фигуры), то есть находясь на допонятийном уровне (в экспериментальной ситуации) перейти к уровню «истинных» понятий (Выготский Л. С., 1999). С помощью данной методики предпринималась попытка смоделировать переход от допонятийных форм мышления к понятийным. Условия поэтапной процедуры позволяют проследить мыслительные ходы, которые испытуемый должен сделать для формирования понятия (Тихомиров О. К., 2005), по каким существенными признакам формируется понятие.

Прицельно к описанию эмпирических понятийных и допонятийных характеристик мышления в Ленинградской школе обращается Л. М. Веккер (Веккер Л. М., 1976). Понятийное мышление, согласно его единой теории психических процессов, является самым высоким уровнем в развитии познавательных способностей человека. Единицей (операндом) понятийного мышления является «концепт» («понятийная структура», «понятие»), именно им оперирует мысль.

Веккером выявлены основные эмпирические характеристики понятийного и допонятийного мышления (таблица 1). Допонятийное

мышление характеризуется эгоцентризмом и неполнотой понятийных операций, отсутствием истинного оперирования концептами, наличием несогласованности объема и содержания структур (которые еще не являются концептами), а также неизменных и меняющихся компонентов. Допонятийное мышление нечувствительно к переносному смыслу и логическим преобразованиям. Понятийное мышление в концепции Веккера – это высшая форма развития мышления человека. Для него характерны децентрация, способность к иерархизации объектов, обладание логическими операциями, а значит, сформированность ансамбля операций и полнота понимания (развитие понятийных функций). Концептуальная (понятийная) структура характеризуется упорядоченностью множества признаков, пространственно-временной организацией («свободой мыслительных переходов»), а также инвариантностью ранее сформированных когнитивных структур (Веккер Л. М., 1998).

Отчасти Л.М. Веккер отвечает и на вопрос о качественной структуре стадии понятийного мышления в онтогенетической ретроспективе, утверждая, что оно находится в развитии и в период взрослости. Отдельно стоит отметить, что в теории, предложенной Л.М. Веккером, понятийное мышление описывается не только как высшая, но и как интегральная форма развития интеллекта. Таким образом, важным свойством понятийного мышления является то, что оно связывает и аккумулирует различные формы когнитивной активности (Холодная М. А., 2002).

В современной психологии теоретические идеи Веккера получили продолжение в работах М.А. Холодной. В своих работах М.А. Холодная рассматривает интеллект как совокупность ментального опыта личности (Холодная, 2002). Опыт здесь видится, прежде всего, в интеграции и синтезе знаний субъекта из прошлого в работу с текущей задачей и предвосхищении будущих событий. Вслед за Л.М. Веккером, в теории М.А. Холодной подчеркивается интегративный характер понятийных структур. Для решения любой мыслительной задачи необходимо интегрировать имеющийся опыт в

актуальную задачу, а значит, задействовать все «вложенные» когнитивные структуры. Данная идея сочетается со взглядами на проблемно-ориентированный, продуктивный характер мышления.

Таблица 1. Эмпирические характеристики понятийного и допонятийного мышления (Веккер Л. М., 1998)

Допонятийное мышление	Понятийное мышление
Эгоцентризм допонятийного мышления	I Перецентрация и интеллектуальная децентрация в понятийном мышлении
Несогласованность объема и содержания в предпонятийных структурах	II Понятийные структуры как собственно логические классы, в которых согласованы содержание и объем
Трансдуктивный характер связи предпонятийных структур	III Индуктивно-дедуктивный характер связи понятийных структур
Синкретизм и преобладание соединительных конструкций в допонятийном мышлении	IV Иерархизованность и преобладание конструкций подчинения в понятийном мышлении
Несогласованность инвариантных и вариативных компонентов в предпонятийных структурах	V Адекватное соотношение инвариантных и вариативных компонентов в понятийных структурах
Неполнота обратимости операций в допонятийном мышлении	VI Сформированность ансамблей обратимых операций в понятийном мышлении
Нечувствительность к логическому противоречию и к переносному смыслу как выражение дефектов понимания	VII Высший уровень и полнота понимания в понятийном интеллекте

Рассматривая понятийное мышление в его интегральной задаче для выполнения познавательных функций, М.А. Холодная определяет понятийные

структуры как «интегральные когнитивные структуры, особенности устройства которых характеризуются включенностью разных способов кодирования информации, представленностью визуальных схем разной степени обобщенности и иерархическим характером организации семантических признаков» (Холодная М. А., 2002: с. 119). Понятийные переходы характеризуются как единая, динамичная и упорядоченная структура, позволяющая осуществить трансформацию содержания знаний за счет обратимости операций мышления. Это означает, что чем выше уровень понятийных структур, тем больше они присутствуют в индивидуальном интеллекте и определяют его особенности (Холодная М. А., 1983). Отмечается главное свойство понятийного мышления: «понятийное мышление – это познавательный психический процесс, обеспечивающий опосредованное и обобщенное отражение существенных (релевантных, объективно значимых) аспектов происходящего и возможность порождения нового знания, ранее не представленного в индивидуальном опыте» (Холодная М. А., 2012: с. 225 – 226). Поскольку реальное проявление этого психического процесса может быть различным, выделяется три типа понятийных способностей. Это семантические (позволяющие усваивать знаки, опосредующие понятийные преобразования), категориальные (позволяющие выделять категориальные признаки познаваемого, отнести его к обобщенной семантической схеме) и концептуальные способности (которые позволяют выделять скрытые связи, отражают продуктивный характер мышления).

Стоит отметить, что семантические и категориальные способности интегрированы в способности концептуальные, которые одновременно сочетают в себе все три вида способностей: «концептуальные способности – это психические свойства, имеющие отношение к продуктивности процессов концептуализации и обеспечивающие возможность порождения некоторых новых ментальных содержаний, не представленных в актуальных внешних обстоятельствах и отсутствующих в усвоенных индивидуальных знаниях» (там же, 2012: с. 238). Продуктивный характер концептуальных способностей

отражен в выявлении скрытых признаков, конструировании новых представлений и концептуальных метафор, новых интерпретациях, создании авторских текстов и чтении.

Онтологический статус понятийного мышления позволяет говорить о существовании особой психической феноменологии и рассматривать понятийные структуры (и концептуальные структуры) как имеющие интегральный характер и являющиеся центральными для когнитивного опыта, а кроме того, связанные с интеллектуальной эффективностью субъекта. Способность «порождать «внутри» индивидуального ментального опыта объективированные ментальные содержания» (Холодная М. А., 2012) рассматривается как важнейшая способность, характеризующая интеллект.

В выявлении критериев понятийных форм мышления дискуссионный характер носят данные экспериментов по изучению мышления животных. Принимая во внимание, что понятийная мысль опосредствуется знаком, необходимо отметить, что мышление не тождественно речевым функциям. Способность обезьян-шимпанзе к мыслительным операциям была показана в обсуждаемых выше исследованиях В. Келера. Исследовательский интерес к доречевым и допонятийным формам мышления у животных проявляется в изучении символического поведения животных (высших приматов, птиц, муравьев), овладения языками-посредниками, понимания спонтанной устной речи и выполнения арифметических операций (Резникова Ж.И., Рябко Б.Я., 1999; Зорина З. А., Полетаева И. И., 1999; Зорина З. А., 2008; Pepperberg I. M., 1987; Savage-Rumbaugh E. S., 2000). Такие эмпирические данные позволяют по-новому взглянуть на специфику допонятийного мышления и обсуждаются в свете того, что животные способны не только к допонятийным, но и протопонятийным преобразованиям, которые можно было назвать близкими к человеческому мышлению, однако эти формы мышления лишены символического опосредствования и лишь формально повторяют понятийные преобразования.

Обобщая основные теоретические взгляды на природу понятийного мышления, необходимо заметить, что помимо формулирования демаркационных критериев понятийных и допонятийных форм мышления, в проблеме изучения понятийного мышления можно наблюдать терминологические расхождения в описании изучаемого феномена. В качестве описания операнда понятийной мысли исследователи используют термин «концепт», по этой же причине используется термин «концептуальное мышление» («conceptual thinking»), однако описывается один и тот же круг явлений. Под понятийным мышлением понимается такая форма мыслительных операций, где субъект способен выявить непосредственно не воспринимаемые, неявные характеристики объектов и явлений окружающей среды, причем такие операции могут быть от частных понятий к общим (обобщение), от общих к частным (конкретизация) и между понятиями одного уровня обобщения.

1.2.2. Роль инструкции в решении мыслительных задач

Увеличение числа эмпирических исследований в психологии неразрывно сопровождается вопросами реплицируемости (воспроизводимости) полученных результатов. Наибольшую актуальность в научном сообществе эта проблема обрела после публикации результатов репликационного проекта (reproducibility project) (Open Science Collaboration, 2015). Результаты 100 репликаций психологических исследований выявили, что воспроизводимы 25% (14 из 55) социальных и 50% (21 из 42) когнитивных работ в области психологических наук. Такие выводы указывают на несовершенство существующих требований к разработке психологических исследований, а следовательно – на необходимость создания единых условий контроля экспериментальной процедуры (Tafreshi D. et al., 2016). Одним из существенных пунктов унификации экспериментальных процедур, доступных контролю в исследовании, является оценка понимания инструкций испытуемым и выявление её связи со спецификой ответов на то или иное

экспериментальной воздействию. Так, целесообразно контролировать степень понимания испытуемым инструкции в связи с успешностью и неуспешностью его ответов на предлагаемые задания.

Разработка инструкции, которая предъявляется испытуемому в устной или письменной форме, не регламентируется, и часто её формулировка не излагается авторами в описании процедуры исследования. В то же время, именно инструкция отличает психологический эксперимент от естественнонаучного, привнося качественное отличие в его процедуру. «Уникальная особенность и фундаментальная характеристика психологического эксперимента состояла в том, что в нём впервые в структуре экспериментального, опытного метода возникла инструкция испытуемому» — указывает В.Н. Дружинин в учебнике «Экспериментальная психология» (Дружинин В. Н., 2008: С. 220).

Кроме того, отмечается, что ни в одной другой области знаний нет организованного общения между исследователем и объектом исследования. Там же автор приводит цитату Б.Ф. Ломова: «Человек активен <...> В эксперименте проявляются его установки, интересы, личностные ориентации, субъективные отложения <...> Испытуемые подвергаются влиянию со стороны экспериментатора, условий и процедуры эксперимента. Как бы мы ни стремились нивелировать этот момент (общения), используя самые современные средства автоматизации, полностью сделать это не удастся. Таким образом, очевидна необходимость при организации психологического эксперимента учёта, по крайней мере, трех моментов: деятельности испытуемого (решаемой им экспериментальной задачи); особенностей его личности; характеристики общения исследователя (группы исследователей) и испытуемого (группы испытуемых)». Так, можно отметить, что инструкция психологического исследования должна учитывать вышеуказанные особенности, тем самым регламентируется деятельность исследователя и испытуемого, что имеет целью более строгую процедуру психологического исследования. В более ранних работах, посвящённых экспериментальной

психологии (Фресс П., Пиаже Ж., 1973), указано, что наличие у испытуемого конфликта между установкой и содержанием задания может стать существенным фактором успешности/неуспешности выполнения заданий, однако роль инструкции не отмечается. Информативность понимания и отношения испытуемого к предъявляемой инструкции отмечается также в работах, посвящённых процедурным моментам детекции лжи (Варламов В. А., 2010).

Несмотря на то, что существующие руководства по экспериментальной психологии и проведению исследований не содержат развернутых рекомендаций по созданию инструкций, они рассматриваются как важное условие экспериментальной процедуры. А. И. Худяков описывает взаимодействие испытуемого и экспериментатора как одну из проблем собственно психологического исследования и необходимость «психологической стандартизации», целью которой является соединение инструкции, которую получает испытуемый, и самоинструкции (Худяков А. И., 2008).

В работе Т.В. Корниловой описана роль инструкций для разных групп испытуемых (контрольной и экспериментальной). При этом отмечаются так называемые «нейтральные» инструкции, которые должны указать «испытуемому цель его действий, обеспечить его включенность в эксперимент, но не подчеркивать той или иной мотивационной направленности его действий» (Корнилова Т. В., 2002: с. 53). Особую роль инструкция играет в исследованиях, где испытуемому необходимо решать мыслительные задачи. Так, для решения творческих мыслительных задач показано, что управление инструкциями в эксперименте связано с качественными и количественными отличиями в решении задач (Тарасова И.В. с соавт., 2006).

Необходимо также отметить, что в психофизиологическом исследовании вопрос формулирования инструкции является важным звеном экспериментальной процедуры. Интерпретация результатов такого

исследования подразумевает соотнесение разноуровневых процессов, которые описываются с позиций классических «общепсихологических» терминов и физиологических реакций, а также физических характеристик сигнала (применительно к ЭЭГ), а значит, требует большего внимания к планированию процедуры исследования (Балин В. Д., 2017).

С нашей точки зрения, в исследовательской процедуре должны контролироваться следующие, часто игнорируемые авторами, аспекты. Первый аспект касается работы с испытуемым до начала предъявления экспериментальных задач и касается формулировки инструкции. Для этого необходимо описать как «фигуру», так и «фон» экспериментальной ситуации: учитывать тип ситуации и понимание испытуемым ситуации, которые послужат «фоном». Формирование «фигуры» исследования при конструировании инструкции должно содержать следующие пункты: а) выявление смысловых уровней инструкции; формулирование рабочей инструкции, б) пилотирование текста инструкции, оценка ее сложности, выбор формы подачи (устная или письменная), экспертная оценка текста инструкции; в) измерение степени понимания инструкции испытуемым с помощью разработанной формы.

Второй аспект заключается в том, что при обработке и интерпретации полученного экспериментального материала следует учитывать коэффициенты корреляции между степенью понимания испытуемым инструкции до и после эксперимента как дополнительный показатель, оказывающий влияние на экспериментальную процедуру и результаты эксперимента.

1.3 ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Современная психофизиология располагает различными методами (электроэнцефалография, метод вызванных потенциалов, магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография, магнитоэнцефалография и прочие), позволяющими регистрировать

функциональное состояние мозга в момент различного рода стимуляций. Поэтому характерной для нейронаук тенденцией является применение психофизиологических методов для изучения процессуальных характеристик познавательных процессов, в том числе процесса решения задач. Понятийные преобразования, направленные на решение задач, сопровождаются объективными изменениями функционального состояния мозгового субстрата, исследования которого вносят вклад в понимание механизмов протекания мыслительной деятельности разной степени успешности. Возможности и ограничения психофизиологических методов изучения понятийного мышления будут рассмотрены в данном параграфе.

1.3.1. ЭЭГ- корреляты мышления

Метод ЭЭГ, зарекомендовавший себя как наиболее популярный метод психофизиологических исследований, основан на регистрации и анализе суммарной биоэлектрической активности, отводимой с поверхности головы. Впервые ЭЭГ стал использоваться в 20-х годах XX века, когда психиатром Г. Бергером было установлено, что с поверхности черепа возможно регистрировать «мозговые волны», а также то, что электрические характеристики этих сигналов не константны и зависят от состояния человека (Александров Ю. И., 2001; Марютина Т. М., Ермолаев О. Ю., 2002; Чернышев Е. Г., Чернышева Б. В., 2010).

Метод ЭЭГ позволяет регистрировать функциональное состояние мозга и его динамику (за счет анализа изменения ритмо-волновых характеристик электроэнцефалограммы). Также с помощью этого метода открывается возможность зафиксировать мозговые корреляты мыслительных операций (в частности, понятийных). Изучаемый мыслительный процесс закрыт от непосредственного наблюдения. Исследователь имеет дело с задачей и ее решением, а интересующая его динамика мыслительных преобразований может рассматриваться опосредованно с помощью регистрации мозговой активности.

Помимо возможностей психофизиологических методов применительно к изучению процесса мыслительных операций, у них есть ряд процедурных ограничений. Во-первых, краткосрочность процессов оперирования понятиями составляет трудность их регистрации динамики процесса мышления. Во-вторых, особенности регистрации ЭЭГ не в состоянии покоя, а в момент активной деятельности связаны с возникновением артефактов в записи, вызванных глазодвигательной и речевой активностью. В этой связи появляется необходимость подбора особого стимульного материала в сравнении с исследованиями вызванных потенциалов, где изучаются более быстрые мозговые процессы. Для исследования феноменов мышления в междисциплинарном ключе подбираются вербальные, иконические или математические задачи, либо модифицируются тесты на интеллект и креативность (Bowden E. M., Jung-Beeman M., 2003; Razumnikova O. et al., 2007; Preusse F. et al., 2011).

Возвращаясь к специфике мозговых коррелятов вербальных задач, отметим следующие интересные данные. Для вербальных задач, связанных с поиском метафор и связыванием различных лексических категорий (Bowden E. M., Jung-Beeman M., 2003; Grossman M. et al., 2003) отмечается правополушарная активность в височных отделах. При вербальных задачах, в которых требуется создание нарратива (истории, высказывания), наблюдалась высокая активность правой префронтальной коры (Beeman M. J., Bowden E. M., 2000). Основываясь на экспериментальных данных можно утверждать, что дизайны с применением вербальных заданий в психофизиологических исследованиях показывают высокий потенциал такого стимульного материала, нередко для изучения интеллектуальной деятельности используются адаптации тестов. Так, например, при для изучения креативности были адаптированы такие методики, как «Когнитивный синтез» (Разумникова О. М., с соавт., 2002; 2007), тест Медника в оригинальной (Bowden E. M., Jung-Beeman M., 2003) и русскоязычной версии (Razumnikova O., et al. 2007). Кроме того, в психофизиологических экспериментах

применяются адаптации психологических методик, например, «Кубики Коса», «Чтение бессмысленного текста» (Белов Д. Р., Кануников И. Е., 1993; Кавшбая Н. А., Кануников И. Е., Белов Д. Р., 1996), а их результаты позволяют делать выводы о специфике выполнения зрительно-пространственных и вербально-логических задач.

Один из классических тестов на креативность – тест Дж. Гилфорда «Необычное использование предмета» также был адаптирован для психофизиологического исследования (с помощью позитронно-эмиссионной томографии). Продуктивная сторона мышления, проявляющаяся в процессе решения задачи, сопровождается одновременной активацией сразу нескольких участков мозга, что показано, например, в исследованиях с задачами на дивергентной мышление и креативность (Данько С. Г. с соавт., 2003; Разумникова О. М. с соавт., 2002)

Существуют данные, которые описывают показатели, характеризующие повышение мощности низкочастотной ритмики в момент совершения мыслительной операции. На различном материале было показано, что привлечение и удержание ментальных репрезентаций в рабочей памяти (von Stein A. et al., 2000) и поиск семантических связей связаны с тета-ритмом, в особенности его выраженностью в передних отделах коры.

Связь изменений альфа-ритма с решением когнитивных задач показана во многих исследованиях (Поликанова И. С., 2013; Ray W.J., Cole H.W., 1985; Doppelmaug M. et al., 2002). Повышение альфа-ритмики связывают с семантическими заданиями и задачами на креативность (Jung-Beeman M. et al., 2004). Показана десинхронизация альфа-ритма при выполнении заданий, обладающих множественными значениями, необходимости поиска ассоциативных связей (Ушаков Д. В., 2011; Дикая, Л. Г., 2008).

Данные о динамике высокочастотной ритмики, в особенности бета-ритма, который связан с вербальными преобразованиями (Марютина Т. М., 2001), получены для задач на объединение характеристик объектов-стимулов и их различение (Pulvermüller F. et al., 1999, von Stein A. et al., 1999), а

повышение мощности бета2-ритма наблюдалось для заданий на формулирование предложений (Тарасова И. В. с соавт., 2006). Эти данные позволяют делать выводы о том, что процесс решения комплексной вербальной задачи сопровождается процессами десинхронизации активности мозга.

Получены результаты, описывающие характер активированности различных мозговых структур при решении задач разных типов. Классически в психофизиологии описывается активация лобных и центральных зон мозга в момент решения вербальных задач (Лурия А. Р., 2003; Марютина Т.М., 2001; Дикая Л. Г., 2008). Причем, когда стоит задача самостоятельного создания решения, а не действия по уже готовому алгоритму, активируются передние отделы коры, связанные с регуляцией (Лурия А. Р., 2003; Ушаков Д. В., 2011).

Интересные данные об активации лобных долей получены для вербально-логических задач, конструирования образа и задачи «собирания» характеристик (Иваницкий А. М. с соавт., 1990; Carlsson I. et al., 2000; Дикая Л. Г., 2008). Лобные доли активизируются при решении интеллектуальных задач, связанных с регуляцией мыслительной деятельности, а также с удержанием информации в рабочей памяти (van Steik, 2000; Grossman et al., 2002), что связывают с типом задачи (ее семантикой) и субъективной трудностью выполнения (что вовлекает регуляторные процессы).

Задние отделы коры также участвуют в решении интеллектуальной задачи, связанной с работой долговременной памяти, а по некоторым данным и концептуальных знаний (Ушаков Д. В., 2011). Отмечается взаимодействие лобных долей и задних отделов коры, повышение в этих отделах высокочастотной ритмики в процессе выполнения сложных интеллектуальных задач (Разумникова О. М., 2004), а также при эмоциональных реакциях на стимул (Иваницкий А. М. с соавт., 1992).

Исследования фМРТ получают сходные результаты (Prat C.S., 2002), демонстрирующие связь между активностью мозга в ходе мыслительной деятельности и уровнем интеллекта таким образом, что наиболее успешные

испытуемые демонстрируют мозговую активность по сравнению с испытуемыми со средним интеллектом.

В клинических исследованиях достаточно много работ, посвященных сравнительному исследованию нейрофизиологических коррелятов понятийных преобразований в норме и патологии, а также при различных заболеваниях. Наибольшее количество работ посвящено атипичному нейронному ответу у больных шизофренией (Петров М. В. с соавт., 2017). Так, например, большая негативность «семантического» компонента вызванных потенциалов N_{400} у больных шизофренией рассматривается как физиологический коррелят дефицитов преобразований с понятиями, в частности способности категоризировать предметы (Chwilla D.J., Kolk H.H., Mulder G., 2000).

В настоящем исследовании также были адаптированы психологические методики и разработаны задания, требующие совершения понятийных преобразований. Как отмечалось ранее, тенденция решения психологических задач с помощью психофизиологических методов диктует поиск стимульного инструментария, отвечающего многим критериям.

1.3.2. Гипотеза нейроэффективности

Особый интерес в описании связей между уровнем интеллекта и кортикальной активацией представляет так называемая гипотеза нейроэффективности (the neural efficiency hypothesis). Данная гипотеза заключается в предположении о том, что интеллектуальная успешность отрицательно связана с уровнем мозговой активации, измеряемой с помощью ЭЭГ и фМРТ. Такие результаты были получены для различного стимульного материала (вербального, арифметического, образного) и когнитивных задач различной сложности (Neubauer A. C et al., 2002, 2003, 2005, 2009; Grabner R. H. et al., 2004, 2006; Basten U. et al., 2013; Dunst B. et al., 2014). Результаты, согласующиеся с объяснением в рамках гипотезы нейроэффективности,

основаны на том, что чем более высоким интеллектом (здесь понимаются когнитивные функции в широком смысле, включая опознание, оперативную память и простейшие формы научения) обладает человек, тем более синхронизированы мозговые структуры в момент решения той или иной задачи.

Интеллектуальные ресурсы человека, отражающиеся в объективных показателях психометрических тестов и академической успешности, связаны с показателями меры синхронности работы мозга и снижением показателей мозговой активности: «более интеллектуальные испытуемые имеют более низкую кортикальную активность, сравнительно с менее интеллектуальными испытуемыми» (Neubauer A. C. et al., 2002). Однако такие данные были уточнены: для такой зависимости были обнаружены некоторые уточнения в зависимости от типа задачи и пола. Например, для вербальных задач у женщин показана зависимость интеллектуальной успешности и процессов активации мозга (Neubauer A. C. et al., 2009).

Представления о соотношении информационных и энергетических характеристик психической деятельности, рассматриваемое в Л. М. Веккером, по нашему мнению, созвучно современным данным, полученным в рамках гипотезы нейроэффективности. Видится перспективным изучение физиологических механизмов, которые сопровождают мыслительную деятельность для уточнения эмпирических характеристик понятийного мышления.

1.3.3. Функциональное состояние нервной системы и информационно-энергетические соотношения познавательной деятельности

Описание идеи об информационно-энергетических характеристиках познавательной деятельности принадлежит Ленинградской школе познавательных процессов. Так, Б. Г. Ананьев предполагал наличие двух контуров регуляции энерго-информационных соотношений, один из них

осуществляет кортико-ретикулярную, а другой межполушарную регуляцию, играя роль базового механизма онтогенетического развития психики (Ананьев Б. Г., 2001).

Согласно работам Веккера и Палея (Веккер Л. М., Палей И. М., 1971) мысленные переходы с одного уровня деятельности на другой сопровождаются ментальными усилиями. Так, например, поддержание ментальной иерархии связей между понятиями требует нервно-психического напряжения, как отмечается в исследованиях Т. Н. Страбахиной, и чем выше уровень «энергозатрат», тем более полно происходят мыслительные операции (Страбахина Т. Н., 1980), что отражало линейную связь между успешностью и уровнем активации. Однако данных зависимостей может быть три: прямая, отрицательная и нелинейная. Поскольку энергозатраты понимались исследователями в соотношении активации вегетативной нервной системы (Шеховцова Л. Ф., 1987; Бабаева Ю. Д. с соавт., 2012), в настоящем исследовании также в дополнение к ЭЭГ были использованы методы оценки состояния вегетативной нервной системы.

Касаемо зависимости успешности и энергозатрат наибольший интерес представляет нелинейное их соотношение, которое, видимо, лежит в основе эффективности понятийного мышления. Например, в крупной серии исследований Б. Г. Ананьева наблюдалось, что более когнитивно успешные студенты отличались меньшими затратами в терминах основного обмена (Ананьев Б. Г., 2001). Данные идеи получили свое продолжение в современных психофизиологических исследованиях в русле описанной выше гипотезы нейроэффективности. Кроме того, дополнение ЭЭГ-данных информацией о вегетативных сдвигах в процессе мыслительной деятельности, дает представление об информационно-энергетических соотношениях познавательных процессов (Van den Heuvel E., 2009; Durantin G., 2014; Nourbakhsh N. et al, 2012).

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ

Диссертационное исследование содержало три серии психофизиологических обследований, проведенных на базе учебной лаборатории психофизиологии Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ). В каждой из серий было использовано три психологические методики, одна часть из которых была адаптирована для процедуры психофизиологического исследования, вторая часть – разработана. Все стимульные задания были основаны на вербальном материале, а для успешного выполнения заданий испытуемому было необходимо на основе заданных условий совершать понятийные преобразования различного уровня обобщения. Во время трех серий у испытуемых одновременно регистрировались показатели ЭЭГ, ЭКГ (два отведения от кистей рук) и КГР (по двум датчикам от указательного и среднего пальца руки). Среднее время ответов на задания стимульных серий составило 27 минут.

2.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задачами организации исследования было не только создание стимульного материала, доступного для психофизиологического исследования, но и соотнесение его с имеющимися техническими возможностями. Описанные ниже методики были адаптированы к задачам настоящего исследования, а также техническим ограничениям психофизиологического эксперимента. Данное исследование было одобрено Этическим комитетом СПбГУ.

Обследования испытуемых проходили в экранированной камере, где у испытуемых регистрировались показатели ЭЭГ в процессе решения ими задач, направленных на совершение понятийных преобразований. В камере перед испытуемым находился монитор, на котором предъявлялись инструкции и

стимульные задания. Предъявление стимульных заданий осуществлялось с помощью программы показа слайдов на компьютере и ведения протокола ExpertStim 3.1, разработанной кандидатом психологических наук, старшим научным сотрудником И. А. Горбуновым (рисунок 1).



Рисунок 1. Испытуемый во время психофизиологического обследования

2.1.1. Серия 1

Стимульные задачи начинали предъявляться после 30-секундного ожидания, во время которого регистрировались показатели ЭЭГ, ЭКГ и КГР испытуемого в состоянии покоя с закрытыми глазами. По истечении этого периода испытуемому предлагалось приступить к выполнению заданий первой части эксперимента (методика «Обобщение по существенному признаку»). Для этого на экране компьютера предъявлялась вводная инструкция:

«Сейчас Вам будут предъявлены разные типы задач – всего 3 серии. Когда будете готовы начать – нажмите "ПРОБЕЛ", чтобы приступить к выполнению первой серии».

После этого испытуемый нажимал клавишу на расположенной у него на коленях компьютерной клавиатуре, чтобы начать выполнение заданий. Клавиатура заранее давалась испытуемому таким образом, чтобы его рука находилась на клавише, которой задавался переход к следующей инструкции или предъявлению стимульного материала. Это условие было введено для того, чтобы свести к минимуму риск возникновения двигательных артефактов в записи. В момент ответа испытуемым вслух ЭЭГ регистрировалась, но данные фрагменты были исключены из дальнейшего анализа.

Далее предъявлялась инструкция следующего содержания:

«Сейчас на экране будут предъявлены три слова. Вам необходимо подумать, что между ними общего и, НЕ ПРОИЗНОСЯ НИЧЕГО ВСЛУХ, сформулировать этот общий признак одним или двумя словами. Когда Ваш мысленный ответ будет готов – сразу же нажмите "ПРОБЕЛ". После этого четко произнесите ответ вслух».

Испытуемый был готов приступить к выполнению заданий, и нажатием на клавишу задавалось предъявление первой стимульной триады слов. В этот момент ставилась метка в записи ЭЭГ.

Когда испытуемый был готов дать ответ, он нажимал на клавишу «ПРОБЕЛ» и на экране появлялся слайд с инструкцией:

«Четко произнесите Ваш ответ вслух. Когда будете готовы перейти к следующему заданию, нажмите «ПРОБЕЛ».

Когда испытуемый произносил ответ, экспериментатор фиксировал его в специально созданном протоколе (протокол фиксировался для каждого испытуемого индивидуально).

После окончания этой стимульной серии на слайде появлялась инструкция – переход ко второй части:

«Вы успешно прошли первую часть эксперимента. Приготовьтесь к выполнению следующей. Когда будете готовы продолжить – нажмите «ПРОБЕЛ».

Далее на экран автоматически выводилась инструкция ко второй части эксперимента:

«Сейчас Вам будут предъявлены загадки, в которых зашифровано не одно, а сразу несколько слов. Угадав одно из этих слов, Вы можете заменить в нем всего одну букву – первую или последнюю – и получить другое слово, также являющееся ответом. Когда Вы угадаете ВСЕ ответы загадки, НЕ ПРОИЗНОСЯ НИЧЕГО ВСЛУХ, нажмите "ПРОБЕЛ". После этого назовите все ответы».

Затем следовала инструкция для тренировочной метаграммы:

«Сейчас Вам будет предъявлен пример такой загадки. Потренируемся! Готовы? Тогда нажмите «ПРОБЕЛ».

После этого на экране появлялась тренировочная метаграмма №1. После нахождения ответа к ней испытуемый нажимал клавишу, затем произносил ответ вслух. Далее предъявлялся слайд с правильным ответом на 15 секунд. Тренировочная серия организовывалась таким образом, чтобы испытуемый мог проверить свой ответ и уточнить свое понимание инструкции и специфики задания. Затем предъявлялась инструкция-переход к основной серии задания:

«Надеемся, Вы поняли принцип решения. Тогда приступим к основной серии. Готовы? Нажмите «ПРОБЕЛ».

После нажатия клавиши на экране появлялась первая метаграмма из основной стимульной серии, в этот момент ставилась метка в записи ЭЭГ. Процедура предъявления стимулов была аналогична процедуре в первой части исследования. Испытуемому на экране предъявлялась стимульная метаграмма, далее, после нажатия на клавишу, вновь предъявлялся слайд:

«Четко произнесите Ваш ответ вслух. Когда будете готовы перейти к следующему заданию, нажмите «ПРОБЕЛ».

Все ответы испытуемого аналогичным образом фиксировались в протоколе. В конце этой части на экране появлялась переходная инструкция:

«Вы успешно справились с двумя сериями из трех. Если Вы готовы приступить к последней серии заданий – нажмите «ПРОБЕЛ».

В заключительной – третьей – части обследования испытуемым давалась следующая инструкция:

«Сейчас Вам на экране будет предъявлено утверждение, касающееся одной из сторон повседневной жизни людей. Ваша задача – мысленно, НЕ ПРОИЗНОСЯ НИЧЕГО ВСЛУХ, найти аргумент, объясняющий, почему это действительно так. Как только Ваш мысленный ответ будет готов, пожалуйста, сразу же нажмите на клавишу "ПРОБЕЛ". После этого к Вам подойдет экспериментатор, которому Вы сможете сообщить свой ответ».

Далее на экране предъявлялось стимульное утверждение.

После окончания эксперимента с участником проводилось постэкспериментальное полуструктурированное интервью. Его основной целью было выяснение того, как испытуемым были поняты инструкции к сериям заданий. Проведение постэкспериментального интервью обусловлено рядом причин, так как было необходимо: удостовериться, что испытуемый работал именно с той инструкцией, которая была ему предложена (а не с самоинструкцией) и верно ли понял общий принцип выполнения заданий; уточнить специфику когнитивной структуры самих заданий. Выводом из данных интервью стало введение в третью серию обследований субъективной шкалы понимания испытуемым инструкции.

2.1.2. Серии 2 и 3

После проведения первой серии обследований, с учетом первых результатов и на основании литературных данных о связи понятийного мышления, интеллекта и характеристик ЭЭГ, к психофизиологическим измерениям процесса решения задач были добавлены результаты прохождения испытуемыми психометрической методики измерения

интеллекта. Общая схема второй серии включала два этапа. На первом проводилось измерение психометрического интеллекта, а на втором психофизиологическое исследование с отобранными участниками.

Для измерения «фонового» психометрического интеллекта была использована методика «Стандартные прогрессивные матрицы» Дж. Равена (CogitoCentre, 2012), описание которой будет приведено ниже.

Для психофизиологического обследования использовались задания стимульных методик, которые были модифицированы и уравнены по количеству заданий в каждой методике (предъявлялось по 8 заданий внутри каждой из методик, всего 24 задания, предполагавшие 64 ответа для каждого испытуемого).

В начале работы с испытуемым ему в устной форме сообщалась вводная инструкция, которая была необходима для корректного понимания организации исследования:

«Благодарим Вас за участие во второй части исследования! Сейчас Вам предстоит ответить на несколько серий вербальных заданий, направленных на изучение понятийного мышления. Мы будем применять метод электроэнцефалографии, для этого сначала необходимо будет пройти в экспериментальную камеру, где мы подготовимся для регистрации электроэнцефалограммы, а затем приступим к основной части исследования».

Испытуемому предлагалось задать вопросы, касающиеся временной и технической организации исследования и используемых методах. Затем, после краткой вводной инструкции, постановки электродов и регистрации фоновой ЭЭГ (30 секунд), предъявлялась следующая инструкция:

«Сейчас Вам будут предъявлены разные типы задач – всего 3 серии. Когда будете готовы начать – нажмите «ПРОБЕЛ», чтобы приступить к выполнению первой серии».

Далее начиналось предъявление одной из трех серий заданий, описанных ниже. После общей инструкции демонстрировался слайд с одной

из трех инструкций к сериям, затем следовала экспозиция тренировочных и основных заданий (рисунок 2).

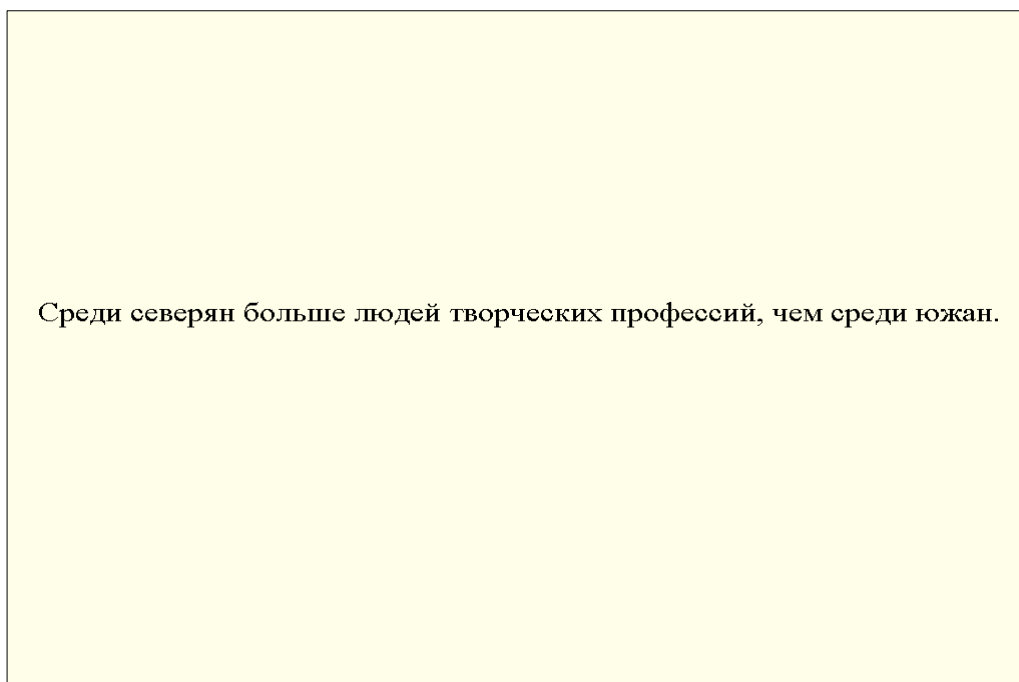


Рисунок 2. Пример демонстрации стимульного задания на экране компьютера в программе ExpertStim 3.1

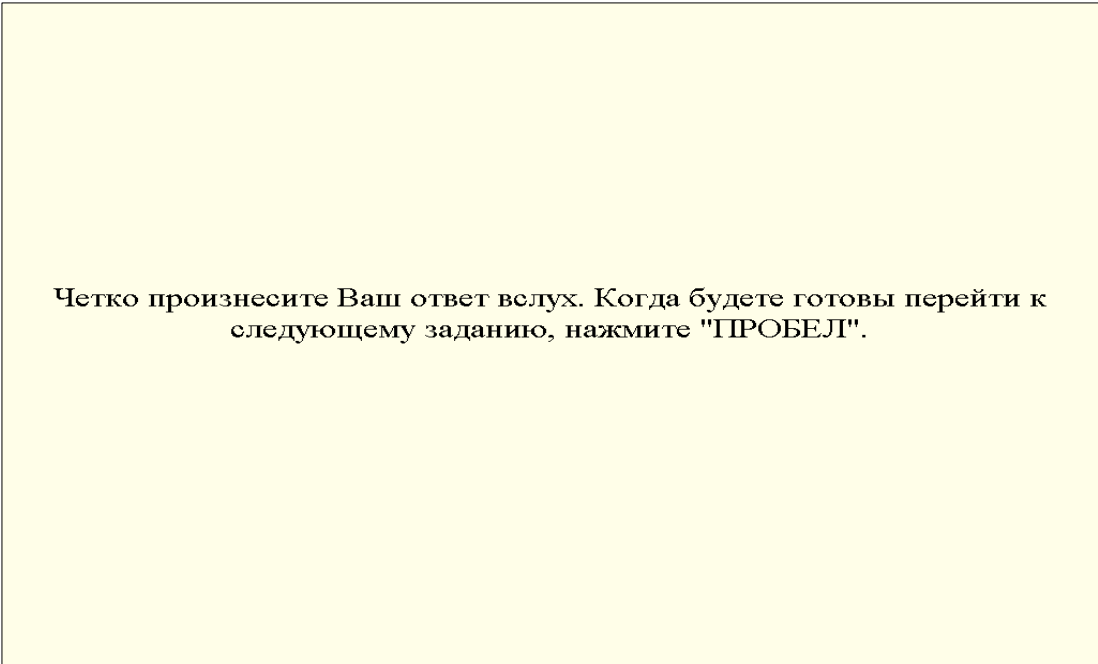
По инструкции испытуемому необходимо было нажать клавишу, когда он будет готов сказать ответ. После нажатия клавиши демонстрировалась переходная инструкция:

«Четко произнесите Ваш ответ вслух. Когда будете готовы перейти к следующему заданию, нажмите «ПРОБЕЛ»

После первой и второй серий демонстрировались промежуточные инструкции:

«Вы успешно прошли первую часть исследования. Приготовьтесь к выполнению следующей. Когда будете готовы продолжить – нажмите «ПРОБЕЛ».

Третья серия обследования включала в себя повторение процедуры серии 2, однако после каждого из трех блоков задач испытуемому было необходимо оценить от 1 до 10 степень понимания им инструкции к предъявляемым задачам.



Четко произнесите Ваш ответ вслух. Когда будете готовы перейти к следующему заданию, нажмите "ПРОБЕЛ".

Рисунок 3. Пример демонстрации переходной инструкции на экране компьютера в программе ExpertStim 3.1

Оценка протоколов ответов испытуемых была проведена независимой экспертной оценкой трех специалистов, два из которых имели высшее психологическое образование и один – высшее филологическое.

2.1.3. Процедура психометрического исследования

Для реализации психометрического исследования была поставлена организационная задача сбора данных у испытуемых с различными результатами по методике «Стандартные Прогрессивные матрицы» (SPM). Все участники данной части исследования в момент проведения исследования обучались в вузах или уже имели высшее образование.

Принявшие в участие испытуемые были ранжированы по результатам методики SPM. Для второго этапа были отобраны 10% (20 человек) испытуемых, получивших наибольший результат, и 10% (19 человек) – получивший наименьший. Первую группу (Группу 1) составили испытуемые, получившие балл по «сырым» значениям от 56 до 60 (от 124 до 130 баллов в IQ), т.е. испытуемые с высоким уровнем интеллекта. Вторую группу (Группу

2) составили испытуемые, получившие балл по сырым значениям от 44 до 48 (от 98 до 108 баллов в IQ), то есть с низкими показателями интеллекта относительно средних значений в рамках обследованной нами группы. Однако отметим, что, если придерживаться традиционных нормативов, принятых в тестировании интеллекта, баллы испытуемых Группы 1 свидетельствуют о высоком уровне интеллекта, а испытуемых Группы 2 – о среднем уровне интеллекта. Для всех участников исследования результаты методик соответствуют возрастной норме, в данном случае разделение испытуемых на группу с «низкими показателями интеллекта» и «высокими показателями интеллекта» условно, но в то же время подчеркивает межиндивидуальные различия в соотношении понятийного мышления и флюидного интеллекта.

2.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБОРКИ

Всего в рамках диссертационного исследования были исследованы 220 испытуемых. Из них в психофизиологических обследованиях – 97 испытуемых.

В первой серии приняли участие 34 испытуемых (23 женщины и 11 мужчин; средний возраст – $20,6 \pm 2,8$ лет (здесь и далее приведены среднее арифметическое значение и стандартное отклонения)).

В дополнительном тестировании психометрического интеллекта участвовал 161 испытуемый (109 женщин и 52 мужчины; средний возраст $19,6 \pm 2,6$ лет), из которых были отобраны 39 испытуемых (27 женщин и 12 мужчин; средний возраст $20,1 \pm 1,9$ лет) для участия во второй серии психофизиологического обследования.

В третьей серии количество испытуемых составило 24 участника (11 женщин и 13 мужчин; средний возраст $21,7 \pm 2,1$ года). Все испытуемые имели незавершенное, либо завершенное высшее образование, нормальное или скорректированное до нормального зрение, не имели диагностированных неврологических и психиатрических заболеваний и недавних черепно-мозговых травм, не являлись билингвами.

2.3. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ

В данном параграфе описаны используемые методики и набор стимульного материала для реализации серий диссертационного исследования.

2.3.1. Методика «Обобщение по существенному признаку»

Использованная нами методика «Обобщение по существенному признаку» разработана М.А. Холодной и направлена на диагностику способности к категориальному обобщению («способности выделять общий существенный признак по отношению к трем разнородным понятиям и подбирать для него соответствующую категорию») (Холодная М. А., Алексапольский А. А., 2010, с. 65). В оригинальном варианте данной методики испытуемому последовательно предъявляются триады слов, принадлежащих к разным семантическим полям и на первый взгляд не имеющих между собой ничего общего. Затем испытуемого просят найти общий признак, которым эти слова объединены. Каждая триада слов предъявляется (в различных модификациях методики – визуально или на слух) на 30 секунд, ответ необходимо дать в письменной форме. Проведение данной методики возможно, как индивидуально, так и в групповом формате. В оригинальной версии испытуемому предъявляется десять триад слов – существительных, которые не объединены общим семантическим полем, не связаны между собой лексически или фонетически. Устная инструкция выглядит следующим образом:

«Вам будут устно предъявлены три слова. Вы должны подумать, что между ними общего, и назвать этот общий признак одним или двумя словами. Всего будет предъявлено 10 триад слов. На размышления и на запись ответа Вам отводится 30 секунд на каждую триаду слов. Ответ нужно записывать строго по его нумерации, которая указана в протоколе. Начали!».

Поскольку в нашем исследовании стояла задача регистрации психофизиологических показателей в процессе решения мыслительных задач, что предполагало частичную иммобилизацию испытуемого на время выполнения стимульного задания, использование методики в авторском варианте оказалось невозможным. В связи с этим возникла необходимость адаптации оригинальной процедуры проведения методики «Обобщение по существенному признаку» в соответствии с техническими требованиями и ограничениями психофизиологического инструментария. Основным ограничением было то, что испытуемый не имеет возможности самостоятельно записывать свои ответы: это вызывает появление большого количества артефактов на ЭЭГ и делает невозможной ее расшифровку. Поэтому стимульные триады предъявлялись на экране компьютера (в этот момент регистрировалась ЭЭГ), а испытуемый, решив задание, нажимал клавишу лежащей у него на коленях клавиатуры. В этот момент испытуемый устно сообщал свой ответ экспериментатору. Мы использовали следующий вариант инструкции:

«Сейчас на экране будут предъявлены три слова. Вам необходимо подумать, что между ними общего и, НЕ ПРОИЗНОСЯ НИЧЕГО ВСЛУХ, сформулировать этот общий признак одним или двумя словами. Когда Ваш мысленный ответ будет готов - сразу же нажмите "ПРОБЕЛ". После этого четко произнесите ответ вслух»

Адаптация методики в серии 1 в приведенном варианте была согласована с автором (М.А. Холодной) и получила одобрение. Испытуемому предъявлялись 10 триад слов, приведенных ниже (в скобках указаны «эталонные» ответы):

1. «гамма, бусы, лестница» (последовательность)
2. «мост, памятник, антенна» (сооружение)
3. «капкан, забор, пробка» (препятствие)
4. «мыльный пузырь, ваза, чемодан» (емкость)
5. «статья, клумба, картина» (произведение искусства)

6. «зонт, окоп, палка» (средство защиты)
7. «газета, маяк, костер» (сигнал)
8. «комета, прилив, весна» (периодичность)
9. «охота, игра, мышление» (деятельность человека)
10. «икона, декорация, карта» (изображение).

Ответы испытуемых фиксировались в протоколе и оценивались в соответствии с критериями, предложенными авторами методики:

0 баллов – обобщаются только два слова из трех; формальное обобщение; ситуативное обобщение (например, триада «окоп – зонт-палка» обобщается концептом «поход», «икона, декорация, карта» - «езде есть буква «а»).

1 балл – аналитическое обобщение на основе выделения отдельного признака; нестрогое категориальное обобщение (например, триада «комета, прилив, весна» обобщается концептом «природное явление», «газета, маяк, костер» - «освещает»).

2 балла – строгое категориальное обобщение с использованием родового понятия (например, триада «гамма, бусы, лестница» обобщается как «следуют друг за другом»).

Показателем продуктивности категориального обобщения является сумма баллов по 10-ти триадам слов. Максимальное количество баллов: 20.

Важно обсудить те когнитивные действия, без которых успешное решение данного задания будет невозможно. Чтобы назвать признак, который объединяет все три предъявленных слова, испытуемому необходимо совершить понятийное обобщение на основе выделения существенных свойств каждого из стимульных слов. Необходимо совершить видо-родовой переход и найти более общую категорию, не опираясь при этом на конкретные свойства предъявляемых слов, внешний вид возникающих в представлении объектов и собственные ассоциации с ними. Также важно, что искомое слово – ответ, которым обобщается триада – характеризует не отдельный предмет, а класс предметов, группу. В процессе решения такая группа, в которую

испытываемый объединяет слова, то есть критерий для их обобщения задается испытываемым самостоятельно и является интеллектуальным продуктом.

Данная задача представляет собой операцию понятийного мышления, требующую обобщения по существенным признакам с помощью видо-родовых преобразований, т.е. требуется наличие межуровневого перехода – «подъема» по уровням обобщения. Для поиска объединяющей категории необходимо совершить вертикальный переход по уровням обобщения (от конкретных понятий к родовому обобщению по значимым признакам). Такая операция сравнима с конвергентным мышлением, однако субъект самостоятельно задает себе уровень сложности, на котором будет протекать эта мыслительная деятельность, и критерий «хорошего» ответа. Иными словами, категориальный признак испытываемый ищет без опоры на пример или предполагаемый уровень обобщения. Это позволяет говорить о том, что в данном случае имеет место собственно продуктивное мышление, а не воспроизводство некоего интеллектуального алгоритма.

Обобщение трех понятий, стоящих за предъявляемыми словами, будет видо-родовым переходом (от более низкого к более высокому уровню обобщения, от единичного понятия к категории), а значит, понятийным преобразованием.

Для серий 2 и 3 из 10 триад было отобрано 8 для основного блока и 1 тренировочная. Приводим их список вместе с «эталонными» ответами, установленными автором методики.

Тренировочная:

статья, клумба, картина (произведение искусства)

Основная серия:

1. *памятник, мост, антенна* (сооружение)
2. *охота, игра, мышление* (деятельность человека)
3. *икона, карта, декорация* (изображение)
4. *комета, прилив, весна* (периодичность)
5. *капкан, забор, пробка* (препятствие)

6. *мыльный пузырь, ваза, чемодан* (емкость)
7. *зонтик, окоп, палка* (средство защиты)
8. *гамма, бусы, лестница* (последовательность).

2.3.2. Решение метаграмм

Следующая из использованных серий задач заключалась в решении метаграмм (Щербакова О. В, 2009). В качестве стимульного материала здесь использовались метаграммы. В науках о языке термин «метаграмма» (*от греч. Мета – через, грамма – знак, буква*) изначально определялся либо как «стихотворная загадка, в которой указывается, что с прибавлением к заданному слову по одной букве получаются новые слова» (Поэтический словарь, 1966), либо «перестановка начальных слогов или начальных букв в словах, стоящих рядом, в целях получения комического эффекта или отстранения этих слов» (там же, 1966).

Сегодня название «метаграмма» носит разновидность стихотворных загадок, в которых зашифровано несколько слов (то есть несколько ответов). Их особенностью является то, что рифмованные слова похожи по звучанию, имеют сходный фонетический состав, но различаются одной буквой: например, луг – лук, дом – том, ключ – клюв. Таким образом, ответ для такой загадки – это все зарифмованные, но не названные в ее тексте, слова.

Первое появление метаграмм в печатных изданиях относится к 1879 году, когда в журнале «Ярмарка тщеславия» писателем Льюисом Кэрролом была опубликована первая метаграмма. На сегодняшний день метаграммы встречаются в научно-популярных и методических изданиях, посвященных развитию вербального интеллекта или как элемент образовательной технологии (например, Юдицкий В. А., 2014).

Объектом исследования в работах лингвистов метаграммы не стали, однако в недавних психологических работах был обнаружен их большой исследовательский потенциал (Щербакова О. В, 2009). Рассматривая поиск ответа, то есть решение метаграммы, как вербальную интеллектуальную

задачу, интересно обсудить возможность их использования как стимульного материала. Отметим их преимущества для процедуры психофизиологического исследования. Во-первых, краткая текстовая форма (от 4 до 6 строк) позволяет одновременно демонстрировать задачу на экране. Во-вторых, несмотря на то, что ответов в таком задании всегда более двух (нами использовались метаграммы, требующие до четырех связанных между собой ответов), испытуемому нет необходимости записывать ответ – его можно назвать вслух. В-третьих, такое задание не требует отдельного этапа научения, и нами в предъявляемой серии использовалось только одно тренировочное задание.

Метаграммы как разновидность вербальных интеллектуальных задач представляют для нас интерес своей структурой, так как для успешного их решения необходимо «развертывание» и создание общего ментального поля, а также дальнейшее совмещение их. Для решения необходимо создание целостного интеллектуального продукта, понятийный синтез, требующий высокого уровня абстракции.

В серии 1 мы использовали 6 метаграмм: 5 из них составили стимульную серию. Первая метаграмма («Метаграмма № 1») была тренировочной. Наличие тренировочного варианта этого задания позволяло испытуемому уточнить инструкцию, поскольку специфика задания яснее прослеживалась на примере.

Все метаграммы предъявлялись на мониторе компьютера последовательно – от простых к более сложным. Степень сложности метаграммы в данном случае оценивалась по формальным показателям: количеству слов, которые респонденту нужно дать в ответе, а также по особенностям когнитивной структуры, отмеченным ниже.

Предъявление сопровождалось следующей инструкцией, составленной в соответствии с техническими особенностями процедуры исследования:

«Сейчас Вам будут предъявлены загадки, в которых зашифровано не одно, а сразу несколько слов. Угадав одно из этих слов, Вы можете заменить в нем всего одну букву – первую или последнюю – и получить другое слово,

также являющееся ответом. Когда Вы угадаете ВСЕ ответы загадки, НЕ ПРОИЗНОСЯ НИЧЕГО ВСЛУХ, нажмите "ПРОБЕЛ". После этого назовите все ответы».

После инструкции предъявлялась тренировочная метаграмма, которая содержала в себе два искомых слова - «мука» и «щука»:

Метаграмма №1

*Для пищи, безусловно, я
Необходима человеку.
Но вместо «М» поставьте «Щ»,
И ускользну я сразу в реку.*

После нажатия испытуемым на клавишу предъявлялся правильный ответ. Мы предполагали, что это поможет испытуемому более полно понять инструкцию и сам принцип задания. Затем в заданном порядке предъявлялись метаграммы основной серии:

Метаграмма № 2

С буквой «Б» его жуют, С «В» – коровы в нём живут.

(Ответ: хлеб – хлев).

Метаграмма № 3

*С буквой «Р» –
Я задом прячусь,
С буквой «М» –
Я в булке прячусь.*

(Ответ: рак – мак).

Далее испытуемому предъявлялись более сложные метаграммы, в одной из которых необходимо было дать ответ из трех слов. В процессе решения также необходимо заменить букву в одном из отгаданных слов, чтобы дать полный ответ. Но, «заменяемая» буква была не только в начале слова, но и в конце. Кроме того, в искомых словах могли меняться ударные гласные.

Указанные особенности, по нашему мнению, повышали сложность когнитивной структуры стимула:

Метаграмма № 4

С буквой «Н» он там, где строят

Эстакаду или дом.

С «Б» – животное морское,

С «Й» – крупнее, чем район.

(Ответ: кран – краб – край).

Затем предъявлялись метаграммы, в которых необходимо было найти четыре слова, составляющие ответ. Такие метаграммы необходимо признать наиболее сложными, поскольку они требуют создания сразу четырех ментальных пространств и работы с большим количеством искомым признаков, что требует, наряду с вложением большего интеллектуального усилия, больших ресурсов оперативной памяти:

Метаграмма № 5

С «Г» – её на винт накрутят,

С «Л» – конечно, лает,

С «М» – одежда, но не греет,

С «З» – от волка убегает.

(Ответ: гайка – лайка – майка – зайка).

Метаграмма № 6

С «Г» – полезное растение,

С «Ш» – пугает нас порой,

С «П» – несёт нам разорение,

С «В» – навалено горой.

(Ответ: горох – шорох – порох – ворох).

Для данной методики нами были разработаны критерии оценки от 0 до 2 баллов, по аналогии с методикой «Обобщение по существенному признаку»:

0 баллов – оценивалось отсутствие ответа («Не знаю», «Нет ответа») либо неверный ответ (например, ответ для Метаграммы № 2: «мякиш», «изюм», для Метаграммы № 6: «заяц»).

1 балл – неполный ответ, где испытуемый называл только половину необходимых слов (например, ответ для Метаграммы № 5: «зайка», ответ для Метаграммы № 6: «ворох, порох, шорох и что-то еще»).

2 балла – полный ответ, в котором указаны все искомые слова.

Во второй и третьей сериях испытуемым предъявлялась 1 тренировочная и 8 стимульных метаграмм. Тренировочное задание предъявлялось с последующим ответом.

Тренировочная метаграмма:

С буквой «Н» он там, где строят эстакаду или дом.

С «Б» – животное морское,

С «Й» – крупнее, чем район.

(Ответ: кран – краб – край).

После демонстрации тренировочной метаграммы демонстрировался ответ. Затем демонстрировалась промежуточная инструкция:

«Надеемся, Вы поняли принцип решения. Тогда приступим к основной серии. Готовы? Нажмите «ПРОБЕЛ»

После этого поочередно предъявлялись следующие метаграммы:

Метаграмма 1:

С «З» — нужна в бильярде я,

С «Ж» я — след после дождя,

С «П» — я видеть помогаю,

С «Н» — путь ночью освещаю.

(Ответ: луза—лужа—лупа—луна)

Метаграмма 2:

С «Т» я — книга, с «С» я — рыба,

С «К» - бесформенная глыба,

*С «Л» - помог колоть я лёд,
С «Д» - народ во мне живёт.
(Ответ: том – сом – ком – лом – дом).*

Метаграмма 3:

*С «Г» – её на винт накрутят,
С «Л» – конечно, лает,
С «М» – одежда, но не греет,
С «З» – от волка убегает.
(Ответ: гайка—лайка—майка—зайка).*

Метаграмма 4:

*С «М» — в порту суда я защищаю.
С «Г» — когда в ворота мяч вбивают.
С «В» — я людям помогаю.
С «К» — за кляксу получают.
(Ответ: мол—гол—вол—кол).*

Метаграмма 5:

*С буквой «Ц» я – стоимость предмета,
С «Л» – не Волга, не Ока,
С «И» – японская монета,
С «С» – французская река.
(Ответ: цена—Лена—йена—Сена).*

Метаграмма 6:

*С буквой «В» — ночная птица,
С «Д» — для стирки всем нужна,
С «Ф» — в квартире пригодится,
С «Х» — в музей давно сдана.
(Ответ: сова—сода—софа—соха)*

Метаграмма 7:

С «Г» – полезное растение,

С «Ш» – пугает нас порой,

С «П» – несёт нам разорение,

С «В» – навалено горой.

(Ответ: горох—шорох—порох—ворох).

Метаграмма 8:

С «Д» — нам ночью не встречался,

С «Т» — при свете лишь видна,

С «П» — от дерева остался,

С «Л» — вредит труду она.

(Ответ: день—тень—пень—лень).

В отличие от первого задания – методики «Обобщение по существенному признаку», при выполнении каждого из заданий методики «Решение метаграмм» испытуемому было необходимо создать не один, а несколько интеллектуальных продуктов. При этом здесь требовалось создание определенных понятийных структур – определенных слов. В данном случае, чтобы успешно справиться с заданием, необходимо создать ментальное пространство по абстрактным критериям. Иными словами, по «обрывочным» данным необходимо было создать интеллектуальный продукт, совершив при этом межуровневое понятийное преобразование, «спуск» от абстрактных категорий к конкретным понятиям.

Сложность задания, о чем свидетельствуют и субъективные отчеты испытуемых на пилотажном этапе, заключалась в том, что требуется создание определенного ответа. Этот факт исключает некоторую свободу в ответе.

Психологический потенциал данной методики, по нашему мнению, заслуживает внимания, поскольку позволяет объективно зафиксировать факт решения когнитивной задачи, а значит, совершения понятийного

преобразования. Для испытуемого сложность заключена в необходимости дать не один, а несколько ответов, проделав несколько взаимосвязанных ментальных операций. Кроме того, несмотря на ритмическую связность, в тексте присутствуют сложные семантические связи и в то же время от испытуемого требуется конкретный ответ, что провоцирует выявлять понятие из описания и возникающей ментальной образной репрезентации.

2.3.3. Противоположные утверждения

Третья серия задач представляла собой аргументацию противоположных утверждения («Противоположные суждения»), где испытуемому необходимо было по очереди аргументировать утверждения, противоречащие друг другу. Такой вербальный материал используется для развития интеллекта и креативности и был создан нами на основе методик, применяющихся в дидактических целях (Вуджек Т., 1996).

В оригинальном варианте такое упражнение называется «Случайность правды», и инструкция к заданию звучит следующим образом: *«Рассмотрите утверждения, приведенные ниже. Сперва предположите, что они правдивы, и обоснуйте это, приведя три возможных объяснения. Затем предположите, что они лживы, и теперь уже сформулируйте три обоснования их лживости»* (Например, «Чаще, чем в другие дни недели, убийства случаются по воскресеньям»). В нашем варианте данной методики мы одновременно предъявляли и противоположную формулировку фразы (например, «Чаще, чем в другие дни недели, убийства случаются по воскресеньям» / «Реже, чем в другие дни недели, убийства случаются по воскресеньям»).

Несомненно, такой материал имеет сложную когнитивную структуру, поскольку требует от испытуемого сначала создать некий интеллектуальный продукт – аргумент, а затем «разрушить» его и создать новый в рамках одного и того же семантического пространства. Таким образом, порождение более сложного по когнитивной структуре объяснительного сценария требует больших затрат. Созданный понятийный гештальт имеет тенденцию не только

к завершению, но и к сохранению, что подробно исследовалось в рамках школы гештальтпсихологии (Левин К., 2001). Поэтому, когда собственный, только что созданный, интеллектуальный продукт разрушается субъектом, это требует особых усилий, направленных на деструкцию имеющейся ментальной структуры. Можно также предполагать, что любая интеллектуальная структура, самостоятельно созданная человеком, вне зависимости от ее объективной правильности или неправильности, обладает высокой субъективной ценностью и требует значительных усилий для ее «разрушения».

В данном случае дополнительную сложность составляет тот факт, что от испытуемого требуется создать не просто другой интеллектуальный продукт, а противоположный тому, который он только что предложил. Поиск противоположного ответа предъявляет высокие требования к обратимости совершаемых субъектом интеллектуальных преобразований.

Для первой серии нами были отобраны из списка, предложенного Т. Вуджеком (Вуджек Т., 1996) (утверждения 1 и 3), и самостоятельно разработаны (утверждение 2) стимульные утверждения, а также инструкция к этому заданию:

«Сейчас Вам на экране будет предъявлено утверждение, касающееся одной из сторон повседневной жизни людей. Ваша задача – мысленно, НЕ ПРОИЗНОСЯ НИЧЕГО ВСЛУХ, найти аргумент, объясняющий, почему это действительно так. Как только Ваш мысленный ответ будет готов – пожалуйста, сразу же нажмите на клавишу "ПРОБЕЛ". После этого к Вам подойдет экспериментатор, которому Вы сможете сообщить свой ответ».

Утверждения, которые предъявлялись испытуемому на экране компьютера, представляли собой обобщенные суждения относительно одной из сторон повседневной жизни людей, не имеющие однозначного подтверждения или опровержения. Список использованных нами утверждений приводим ниже:

1) *Есть – вредно / Есть – полезно.*

2) *В Петербурге проживает больше шведов, чем в Москве / В Петербурге проживает меньше шведов, чем в Москве.*

3) *Чаще, чем в другие дни недели, убийства случаются по воскресеньям / Реже, чем в другие дни недели, убийства случаются по воскресеньям.*

С нашей точки зрения, такое задание открывает возможности не только для интеллектуального тренинга, но и для исследования особенностей понятийных преобразований между понятиями одного уровня обобщения.

Для серии 2 из исходных утверждений было оставлено одно – «Чаще, чем в другие дни недели, убийства случаются по воскресеньям» и добавлено шесть суждений, касающихся социальных и бытовых вопросов современной жизни. При этом утверждения, разработанные нами, не затрагивали острых социальных дилемм современного общества и текущей политической обстановки. Мы принимаем во внимание тот факт, что предъявляемые суждения вызывают эмоциональную реакцию испытуемых и способны вызвать личностные проекции участников нашего исследования. В то же время, для нас важным условием была «экологичность» стимульного материала. Очевидно, что отследить реальную работу интеллекта и, в частности, понятийного мышления возможно лишь приблизив задачу и ее семантические характеристики к тем, с которыми люди сталкиваются в повседневной жизни.

Так, в данном исследовании использовалось 8 пар утверждений, из которых одно было отобрано из оригинальной версии («Чаще, чем в другие дни недели, убийства совершаются по воскресеньям» / «Реже, чем в другие дни недели, убийства совершаются по воскресеньям»), еще одно было нами использовано в предыдущем исследовании («В Петербурге проживает больше шведов, чем в Москве» / «В Петербурге проживает меньше шведов, чем в Москве») и шесть использованы впервые. Все следующие утверждения предъявлялись испытуемому на экране три раза в одной версии, затем три раза в противоположной:

Утверждение 1:

В Петербурге проживает больше шведов, чем в Москве.

В Петербурге проживает меньше шведов, чем в Москве.

Утверждение 2:

Дневной сон полезен.

Дневной сон вреден.

Утверждение 3:

Чаще, чем в другие дни недели, убийства совершаются по воскресеньям.

Реже, чем другие дни недели, убийства совершаются по воскресеньям.

Утверждение 4:

Блондинки легче добиваются успеха в жизни.

Брюнетки легче добиваются успеха в жизни.

Утверждение 5:

Среди северян больше людей творческих профессий, чем среди южан.

Среди южан больше людей творческих профессий, чем среди северян.

Утверждение 6:

Офисные работники реже других нарушают правила дорожного движения.

Офисные работники чаще других нарушают правила дорожного движения.

Утверждение 7:

Держатели нескольких банковских карт более экономны, чем держатели одной.

Держатели нескольких банковских карт менее экономны, чем держатели одной.

Утверждение 8:

Высшее образование играет главную роль при устройстве на работу.

Высшее образование не играет главной роли при устройстве на работу.

Все ответы испытуемых фиксировались в протоколе эксперимента. Нами были разработаны критерии оценки ответов: верный ответ, которым признавался реалистичный аргумент, основанный на объективных причинно-следственных связях, оценивался в 1 балл.

Так, например, ответ испытуемого на стимульное утверждение «Чаще, чем в другие дни недели, убийства случаются по воскресеньям» - «Потому что просто случаются» (Ж., 21) или «Потому что завтра понедельник» (Ж.,20) оценивались в 0 баллов, поскольку были лишены аргументации и обобщенного вывода на основе объективных связей.

В 1 балл, напротив, были оценены такие ответы, как «Люди не на работе в этот день, им нечего делать» (М., 25) или «В воскресенье все выпивают, поэтому много бытовухи» (М., 23).

В сериях 2 и 3 ответы, как и ответы по другим методикам, оценивались по шкале от 0 до 2 баллов:

0 баллов – отсутствие или пропуск ответов, ответ «Не знаю» или «Я так не считаю» после нажатия клавиши, а также ответы, не объясняющие причинность (например, «Они хитрее» для Утверждения 4, «Это фак» для Утверждения 2);

1 балл – ответ, который либо дублирует или пересказывает стимульное утверждение (например, «Держатели нескольких карт экономнее распоряжаются средствами» для Утверждения 6), либо перефразирует предыдущее из противоположного утверждения (например, для Утверждения 6 испытуемый сначала называет аргумент «Они экономнее, потому что чем больше у человека карт, тем меньше комиссия на них», а затем «Если содержать несколько карт, то больше в сумме комиссия»);

2 балла – цельное предложение, заключающее в себе аргументацию, (например, «Швеция ближе к Петербургу», «В Москве расположены офисы крупных компаний, например, Икея» для Утверждения 1).

Выполнение этого задания в предлагаемой модификации требует от испытуемого создания интеллектуального продукта – аргумента, а затем его

«разрушение» и создание противоположного ему нового в пределах одного и того же семантического поля. Созданный гештальт (понятийный) имеет тенденцию и к завершению, и к сохранению. Создание нескольких аргументов образует собой гештальт (причем как смысловой, так и имеющий личностную ценность для автора высказывания), который предлагается следующим шагом опровергнуть. Это составляет и проблемную ситуацию для мышления, и субъективную трудность (Щербакова О.В., Голованова И.В., 2015).

2.3.4. Тест «Стандартные прогрессивные матрицы» Дж. Равена

Методика «Стандартные Прогрессивные матрицы» создана Дж. Равеном на основе предположения о том, что умственные способности включают в себя два компонента (продуктивный и репродуктивный). В исследованиях и для диагностических целей данный текст применяется для измерения флюидного интеллекта. Поиск способа регистрации продуктивных возможностей интеллекта поспособствовал созданию серий заданий, где необходимо было выбрать недостающий фрагмент геометрического изображения, обнаружив при этом скрытую закономерность. Данная методика применялась нами на основе того, что в литературе обнаруживаются данные о связи флюидного интеллекта (измеренного с помощью данного текста) и особенностей ЭЭГ как в состоянии покоя, так и в процессе решения мыслительных задач (Jaušovec N., 2000; Doppelmayr M. et al., 2002; Fink A., Neubauer A. C., 2006).

Методика «Стандартные Прогрессивные матрицы» сочетает в себе широкие диагностические возможности и удобство в применении. Всего в методике 60 заданий, сгруппированных в несколько серий, расположенных по степени возрастания сложности. Время выполнения теста в режиме ограничения времени – 20 минут. В стандартную версию входит 5 серий, в каждой из которых 12 матриц.

Каждая из серий упорядочена по специфике заданий (Raven, J., Raven, J. C., Court, J. H., 1998; Равен, Равен, Корт, 2012; Мухордова, Шрейбер, 2011):

Серия А – принцип взаимосвязи в структуре. В матрицах этой серии

необходимо дополнить недостающую часть основной фигуры, которая статична. Для этого на уровне мыслительных процессов необходимо проанализировать структуру и уловить взаимосвязь между элементами, а затем идентифицировать недостающую часть, сравнив ее с основным изображением.

Серия В – аналогия между парами фигур. В заданиях этой серии необходимо найти аналогию между парами фигур, понять принцип их линейных отношений.

Серия С – принцип прогрессивных изменений в фигурах. В заданиях появляется усложнение изменения фигур. Они динамически изменяются в горизонтальном и вертикальном направлениях к конечной фигуре, которую нужно обнаружить.

Серия D – принцип перегруппировки фигур. Для решения заданий данной серии необходимо переструктурировать фигуры и обнаружить закономерности в чередовании или последовательности фигур.

Серия E – принцип разложения фигур на элементы. Данная серия является самой сложной. В ней требуется с помощью арифметических операций складывать или вычитать меняющиеся элементы, применять аналитико-синтетические навыки.

Для проведения исследования нами использовались «Стандартные прогрессивные матрицы» Дж. Равена издательства CogitoCentre (2012). В предлагающемся руководстве к этому изданию методики (Равен Дж., Равен Д. С., Корт Д., 2012) описана стандартная процедура проведения тестирования в групповом и индивидуальном варианте, однако универсальная инструкция не приводится. Нами использовался следующий текст инструкции.

«Эта методика предназначена для изучения особенностей мышления. В каждом задании Вам будет предъявлен рисунок, в котором не хватает фрагмента. Ниже будут представлены несколько вариантов изображений, которые можно подставить на место недостающего фрагмента. Ваша задача – выбрать из них только один, наиболее подходящий вариант.»

На выполнение задания отводится 20 минут. По истечении этого времени Вам необходимо будет завершить работу»

Для оценки результатов за каждое правильное решение ставится 1 балл (максимальное количество баллов по всей методике – 60). Пересчет из «сырых» баллов может производиться в процентной шкале (по формуле $IQ = \text{число правильных ответов} / 60 \times 100\%$), в шкале IQ с учетом возраста, либо переводиться в стены.

Поскольку в нашем исследовании необходимо было разделение результатов для следующего этапа исследования, а также сравнение их с результатами других психологических методик, целесообразным стало применение шкалы IQ.

2.3.5. Субъективная шкала оценки понимания инструкции

В серии 3 до и после каждого блока стимульных задач испытуемому необходимо было оценить степень понимания инструкции. На экране монитора демонстрировалась инструкция:

«Оцените степень понимания принципа решения этого задания от 1 до 10»

Испытуемому необходимо было назвать ответ вслух цифру, на которую он оценивает степень понимания инструкции к выполняемой серии задач. Ответы испытуемого фиксировались в протоколе.

2.4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ПРОЦЕССЕ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЕНИЯ

Запись ЭЭГ регистрировалась монополярно по отведениям от 19 хлорсеребряных электродов (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2), расположенных на поверхности головы и двух окулографических каналов испытуемого по международной системе «10-20%» посредством компьютерной электроэнцефалографической системы «ТЕЛЕПАТ-104Р» с установленными фильтрами. Сопротивление электродов

не превышало 5 кОм. Применялся монополярный монтаж с объединенным ушным электродом. Референтные электроды устанавливались на мочках ушей, заземляющий электрод устанавливался в позиции отведения Frz. Были установлены фильтры 0,53 Гц для высоких и 50 Гц для низких частот. Полученные записи ЭЭГ визуализировались и обрабатывались с помощью программного обеспечения WinEEG. При обработке записей накладывался режекторный фильтр в полосе от 45 до 55 Гц. Коррекция глазодвигательных артефактов осуществлялась вычитанием окулографического канала. Оставшиеся артефакты удалялись при отклонении низкочастотной составляющей сигнала 0-1 Гц превышает 50 мкВ, а отклонение высокочастотной составляющей сигнала 20-35 Гц превышает 35 мкВ (Кропотов Ю.Д., 2010). Для расстановки меток в ленте записи ЭЭГ использовалась программа ExpertStim 3.1. Частота оцифровки сигнала составляла 250 Гц.

Первый метод обработки представляет собой изучение спектральной мощности основных ритмов ЭЭГ (Δ (*дельта*)—ритм ЭЭГ от 1,5 до 4 Гц (здесь и далее приводится значение в полосе частот); θ (*тета*)—ритм от 4 до 7,5 Гц; α (*альфа*)—от 7,5 до 14 Гц; β_1 (*бета-1*)—от 14 до 20 Гц; β_2 (*бета-2*)—от 20 до 30 Гц; γ (*гамма*)—от 30 до 40 Гц). Спектральная мощность вычислялась по следующим параметрам: длительность эпохи 4 с, перекрещивание эпох – 50%, временное сглаживание окном Хана. Эпохи, содержащие артефакты, были исключены из анализа. Оставшиеся после коррекции эпохи были подвергнуты быстрому анализу Фурье для расчета спектральной мощности ЭЭГ.

Второй метод – анализ коэффициента фрактальной размерности (D_0) как меры сложности временного ряда сигналов ЭЭГ (Вассерман Е. Л., 2004; Меклер А. А., 2004; Чумак О. В., 2011) по алгоритму Хигучи (Higuchi's fractal dimension, HFD), формула которого изложена в статьях по нелинейным методам обработки данных (Higuchi T., 1988; Accardo A., 1996).

2.5 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ

В работе использованы два метода исследования вегетативных показателей, которые регистрировались с помощью двух электрокардиографических отведений от кистей рук и двух датчиков кожно-гальванической реакции от указательного и среднего пальцев руки. Регистрация данных показателей осуществлялась с помощью исследовательской системы «ТЕЛЕПАТ-104Р» по четырем входам каналам (два для ЭКГ и два для КГР). Визуализация данных производилась в программном обеспечении WinEEG. Частота дискретизации составляла 250 Гц.

Первый метод изучения функционального состояния вегетативной нервной системы направлен на анализ variability сердечного ритма (оценка *R-R* интервалов как показателя изменения времени между двумя последовательными сердечными сокращениями – проба по Р. М. Баевскому (Баевский Р. М. с соавт., 1984, 2002; Баевский Р. М., 2003; Бокерия с соавт., 2009).

Второй метод – кожно-гальваническая реакция (феномен Тарханова) (Суходоев В. В., 1992, 1994, 1999), вычислялись следующие показатели: средняя амплитуда КГР, мощность КГР и длина линии.

2.6. МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Обработка сигналов ЭЭГ проводилась статистическим методом анализа анализа распределения спектральной мощности и фрактальной размерности сигнала ЭЭГ, изучения variability сердечного ритма, показателей амплитуды и мощности кожно-гальванической реакции в программном пакете WinEEG.

В качестве характеристики положения и рассеяния для количественных данных использовались среднее арифметическое и стандартное отклонение ($M(\sigma)$). Обработка данных MANOVA с повторными измерениями и многофакторного плана GLM, в качестве апостериорного критерия был выбран LSD Фишера. Также был применен критерий равенства групповых средних лямбда Уилкса. Для поиска корреляций между переменными использовались ранговый коэффициент Спирмена, а также t-критерий Стьюдента. Вероятность ошибки первого рода контролировалась на уровне 0.05. Все расчёты производились в программном пакете Statistica 10.

ГЛАВА 3. ПОНЯТИЙНОЕ МЫШЛЕНИЕ И ЕГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Данная глава посвящена рассмотрению динамики трех психофизиологических показателей в процессе мыслительной деятельности и в фоновом замере: ЭЭГ (распределение спектральной мощности и анализ фрактальной размерности), анализ ВСР и КГР. Приводятся результаты сравнения психофизиологических показателей при успешных и неуспешных ответах испытуемых, а также при различном уровне психометрического интеллекта и степени понимания инструкции.

3.1 СПЕКТРАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ ЭЭГ У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ УСПЕШНОСТИ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ

3.1.1. Сравнение спектральной мощности ЭЭГ в начале и конце решения мыслительных задач

Для изучения связи между динамикой психофизиологических показателей и понятийными преобразованиями нами были отобраны для спектрального анализа 5-секундные отрезки в начале решения каждого задания и в конце, чтобы оценить изменения мощности ритмов количественной ЭЭГ (после того, как начиналось предъявление задачи и перед тем, как испытуемый нажимал на клавишу для того, чтобы произнести ответ вслух). Предполагалось, что выполнение задачи на понятийные преобразования должно быть связано с изменениями функционального состояния мозга, что выразится в различных паттернах активации на начальных и конечных этапах решения.

С помощью MANOVA с повторными измерениями было показано достоверное различие между начальным и конечным этапами решения ($p < 0,001$, df эффекта = 1, df ошибки = 811, лямбда Уилкса = 0.98). В изучаемом частотном диапазоне от 1.5 до 45 Гц спектральная мощность ЭЭГ к концу решения достоверно изменяется. Как видно из рисунка 4, для второй стадии

решения стимульных задач характерна большая спектральная мощность ЭЭГ низкочастотных θ (тета) и Δ (дельта) ритмов ($F(5,48) = 21,86; p < 0,001$).

В результате анализа динамики изменений спектральной плотности от начала к концу решения заданий можно наблюдать общую тенденцию к снижению высокочастотных (β_1 и β_2) ритмов и повышению низкочастотных (θ и Δ), что означает смещение частотного спектра кривых в сторону низкочастотных ритмов ЭЭГ и отражает процесс синхронизации биоэлектрической активности мозга.

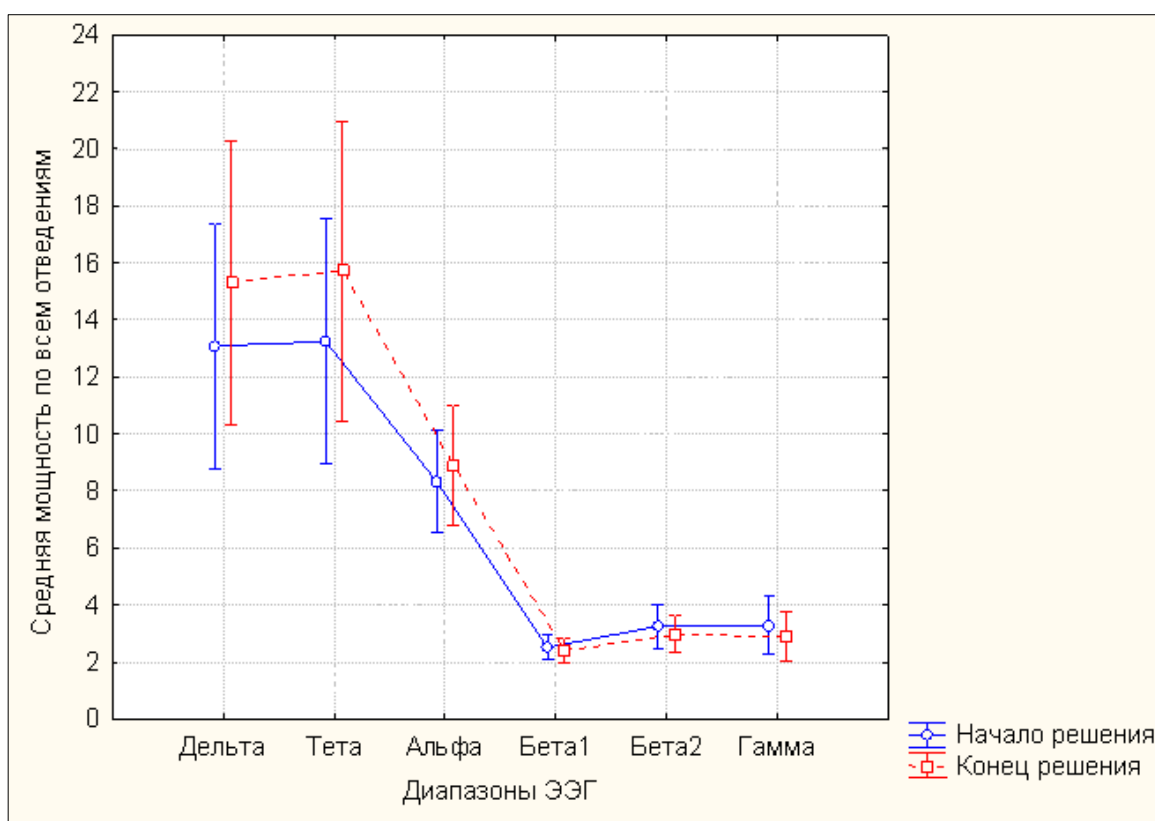


Рисунок 4. Изменение средней спектральной мощности основных ритмов ЭЭГ по всем отведениям в начале (красный столбец) и в конце (синий столбец) решения. По оси абсцисс представлены ритмы ЭЭГ, по оси ординат – показатель спектральной мощности сигнала (в мкВ²). Здесь и далее изображены «планки погрешности», в качестве меры изменчивости были выбраны доверительные интервалы 95%.

Важно пояснить отображенные на рисунке «большие» доверительные интервалы одновременно с высоким уровнем значимости различий между

этапами решения. Необходимо учитывать, что данный анализ был проведен в усреднении мощности по 19 отведениям. Известно, что мощности ритмов по разным отведениям также не одинаковы. Так, например, медленноволновая активность сравнительно мощнее во фронтальных отведениях, чем в остальных (Зенков Л. Р., 2004). Такие отклонения и увеличивают дисперсию внутри каждого показателя спектральной мощности. По этой причине нами учитывался фактор «Отведение ЭЭГ» при статистическом анализе данных.

Было выявлено, что изменение ритма β_2 значительно более выражено, когда испытуемый отвечает успешно, чем при неверном ответе ($p = 0,006$). На рисунке 5 иллюстрируется типичное изменение мощности β_2 в начале и в конце задания при успешных и неуспешных ответах на примере темпорального отведения $T5$. Можно отметить, что при успешном ответе в начале β_2 имеет большую мощность и, напротив, меньшую в конце решения.

Полученные данные распределения спектральной мощности ЭЭГ свидетельствуют в пользу предположения о стадийном характере изменений процессов синхронизации и десинхронизации ритмической активности. Так, преобладание на начальной стадии (начало решения) высокочастотной β_2 -активности (в особенности при успешном ответе) связано с тем, что данный частотный диапазон наиболее связан с активной когнитивной деятельностью (Ray W.J., Cole H.W., 1985). Напротив, вторая стадия обнаруживает преобладание низкочастотной ритмики, в исследованиях связываемой со внутренней переработкой информации (Harmony T. et al., 1996).

Примечательно, что к моменту формулирования ответа вне зависимости от его объективной оценки как успешного или неуспешного начинают преобладать процессы синхронизации ЭЭГ, что видно в преобладании низкочастотной ритмики. Можно предполагать, что создание мысленного решения такой задачи проявляется в упорядочивании информации, что выражается сначала в десинхронизации, когда необходимо «сканировать» задачу и её условия, а затем в синхронизации сигнала ЭЭГ, а значит, более

слаженной работе головного мозга в момент, когда решение (независимо от его качества) найдено.

При взаимодействии факторов «Тип задания», «Этап решения» и «Отведение ЭЭГ» наблюдаются противоположные изменения мощности в различных отведениях и разных типах задач от начала к концу решения (в диапазонах отдельных ритмов). Ниже нами будут рассмотрены достоверные отличия, обнаруженные после поправки Post Hoc по критерию LSD Фишера, для низкочастотных θ и Δ ритмов.

Для задачи на противоположные утверждения при взаимодействии факторов «Тип задания» и «Этап» наблюдается снижение мощности в теменных и затылочных отделах в конце решения, что представлено на рисунке 6.

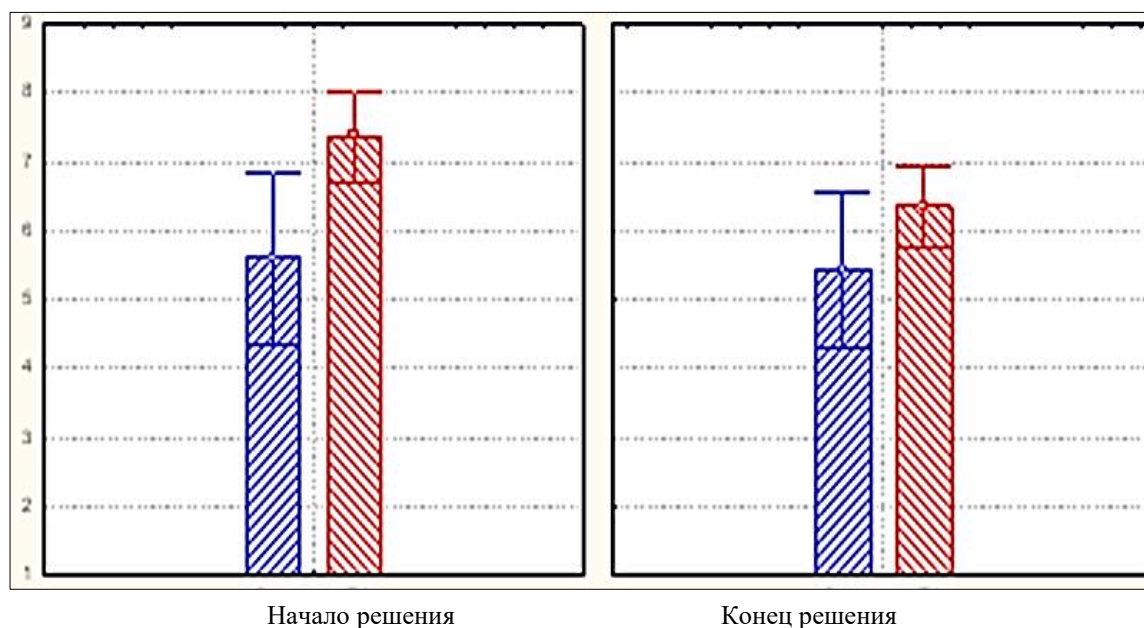


Рисунок 5. Изменение спектральной мощности β_2 -ритма спектральной мощности в левом височном отведении Т5. По оси абсцисс отображены показатели в начале и в конце выполнения заданий при успешных (красный столбец) и неуспешных (синий столбец) ответах, по оси ординат – спектральная мощность ЭЭГ (в мкВ²)

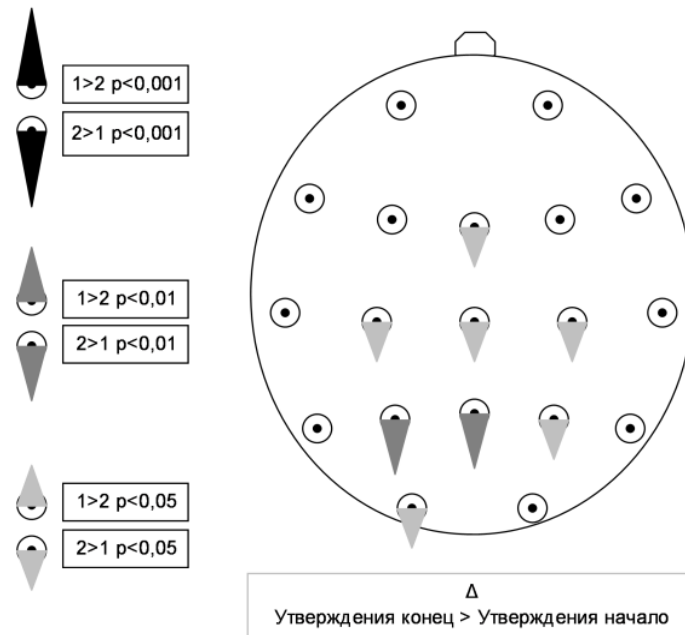


Рисунок 6. Изменение дельта-ритма в различных отведениях ЭЭГ. Показано сравнение мощностей ЭЭГ в Δ -диапазоне в начале и в конце во время решения задания на аргументацию противоположных утверждений. Левый столбец отражает уровень статистической значимости различий по отведениям.

Здесь и далее для графического отображения различий по отдельным отведениям используется программное приложение «CorrelDraw», разработанное кандидатом психологических наук, старшим научным сотрудником факультета психологии СПбГУ И.А. Горбуновым и является собственностью учебной лаборатории психофизиологии СПбГУ.

В процессе решения метаграмм, напротив, можно наблюдать некоторое повышение Δ -ритма в конце. (рисунок 7). Такая же тенденция намечается и при решении заданий типа «Обобщение по существенному признаку». Однако в затылочных отведениях можно наблюдать падение дельта-ритма в конце решения этого типа заданий, что означает повышение влияния подкорковых структур на данный отдел головного мозга.

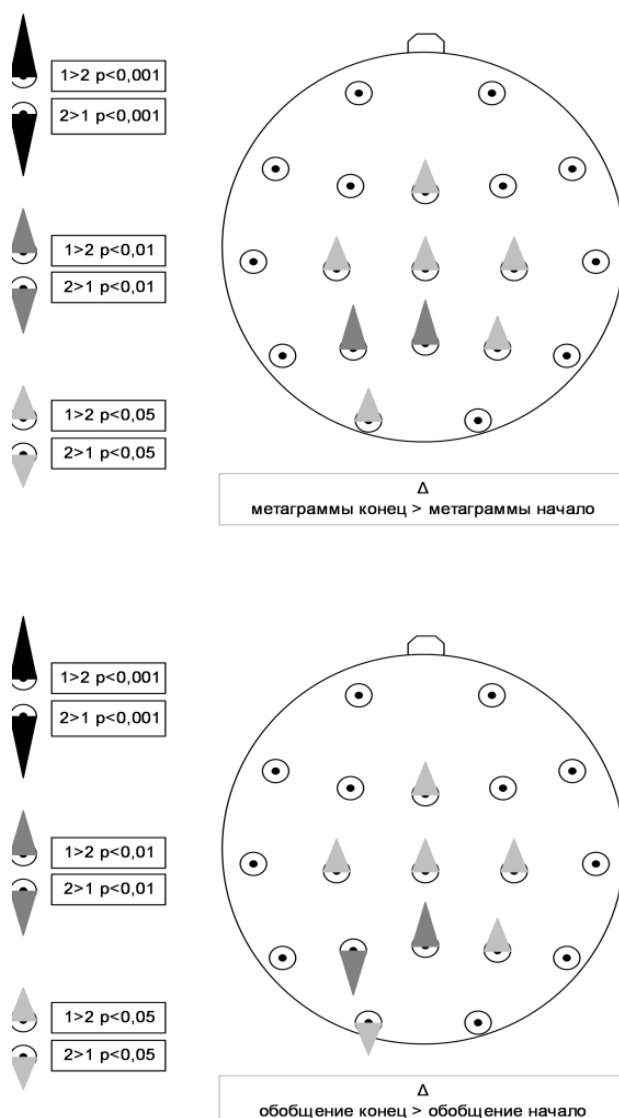


Рисунок 7. Изменение дельта-ритма в различных отведениях: на верхнем изображении показано сравнение мощностей в данном диапазоне в конце и в начале при решении метаграмм. На нижнем изображении – для задания на противоположные утверждения.

В результате анализа динамики функционального состояния мозга от начала к концу решения заданий можно наблюдать общую тенденцию к снижению высокочастотных ритмов и повышению низкочастотных. Это означает постепенное упрощение сигналов ЭЭГ, которое отражает процесс синхронизации биоэлектрической активности мозга. Общая тенденция изменений низкочастотной ритмики от начала к концу показана на рисунке 8.

Видно, что в конце решения задач есть смещение в сторону низкочастотного спектра преимущественно в центральных электродах.

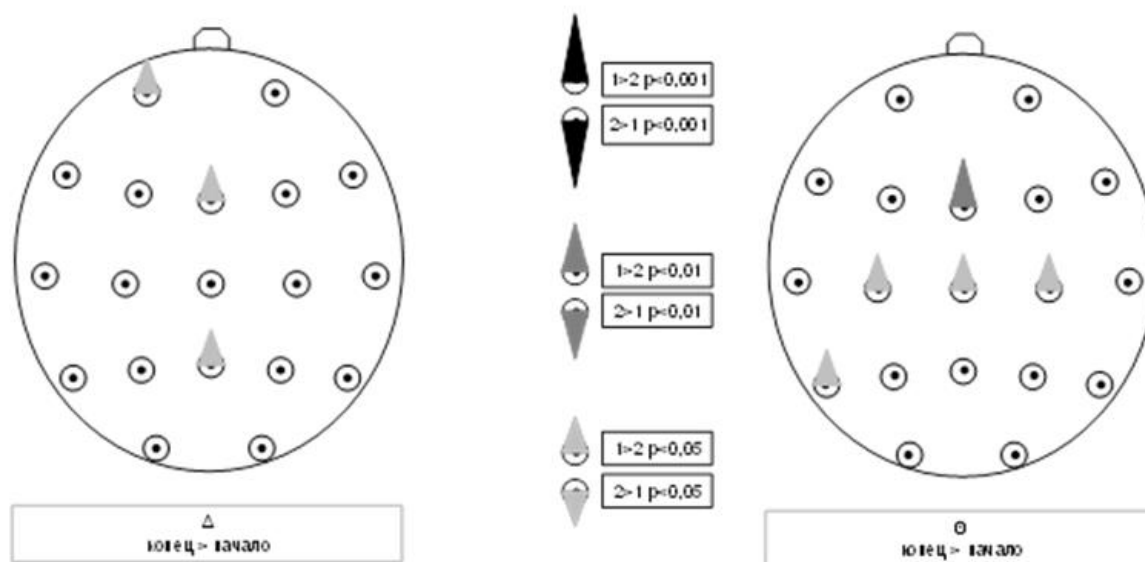


Рисунок 8. Изменение ритмов Δ (на рисунке слева) и θ (справа) с повышением их спектральной мощности к концу решения во всех типах задач.

Содержание такой тенденции к синхронизации в конце решения, и, наоборот, к десинхронизации в начале решения может означать мысленное совершение перехода на новый уровень обобщения при решении задания. Такие выводы можно сделать для всех типов заданий, в то время как их когнитивная «архитектура» не одинакова. Так, для решения заданий типа «Обобщение по существенному признаку» и «Решение метаграмм» необходимо совершить вертикальные понятийные переходы (при обобщении создать новую ментальную структуру более общего порядка, отражающую категориальную общность предъявленных стимулов, «поднявшись» на более высокий уровень обобщения, а при решении метаграмм – наоборот, перейти от общих описаний к конкретным ответам), при противоположных утверждениях осуществляется горизонтальный внутриуровневый переход (поиск аргументов «за» и «против» движется от одного утверждения в разные стороны, но остается на том же самом уровне обобщения). Но поскольку все

задания сопровождаются созданием интеллектуального продукта, можно говорить о процессах синхронизации мозговой активности, которые отражают то, что испытуемый пришел к созданию целостной понятийной структуры.

3.1.2. Сравнение спектральной мощности ЭЭГ при решении мыслительных задач с понятийными преобразованиями различных типов

Для выявления различий в понятийных преобразованиях различных типов использован MANOVA и апостериорный критерий попарных сравнений Post Hoc (LSD Фишера). С помощью критерия лямбда-Уилкса было показано влияние фактора «Тип задания» на распределение спектральной мощности достоверно на высоком уровне статистической значимости ($L=0,65074$, $p < 0,001$). Ниже мы рассмотрим изменение мощностей тех ритмов, по которым были обнаружены достоверные различия.

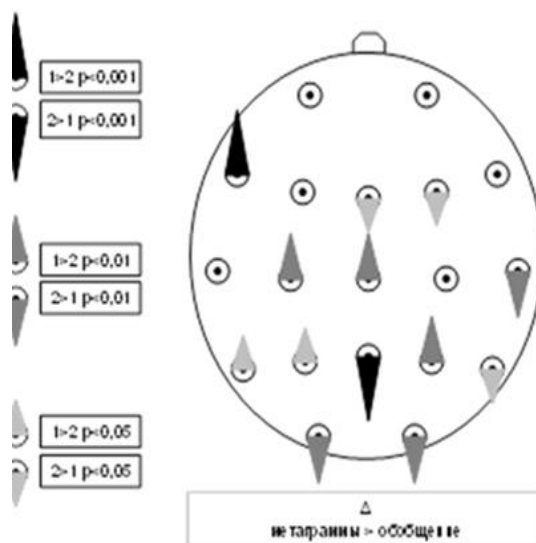


Рисунок 9. Изменение Δ -ритма в различных отведениях: показано сравнение мощностей в данном диапазоне в заданиях «Решение метаграмм» (на рис. «Метаграммы») и «Обобщение по существенному признаку» (на рис. «Обобщение»)

Опираясь на график (рисунок 9), можно судить о том, что в задаче «Обобщение по существенному признаку» мощность Δ -ритма повышается в отведениях, находящихся в теменных и затылочных зонах (т.н. «КОГНИТИВНОМ

блоке)), а также в левой фронтальной области (прилежащей к зоне Брока). Напротив, снижение Δ -ритма наблюдается только в центрально-теменной, затылочной областях и правой височной области. Следовательно, можно говорить о перераспределении активирующих подкорковых влияний в различных когнитивных зонах коры. При этом, в задачах «Обобщение по существенному признаку» подкорковому влиянию подвергается в большей степени левое полушарие во фронтальной области и теменные зоны, прилежащие к сенсо-моторному блоку. Эти зоны, как принято считать в нейропсихологии, отвечают за психические функции, связанные с восприятием схемы тела и пространственных отношений (Лурия А. Р., 2003), что можно связывать с большим количеством образных ментальных репрезентаций, «ментальных вращений» объектов для выявления их существенных признаков. Такие данные сочетаются с современными представлениями о «воплощенном познании» (embodied cognition) и результатами, полученными при ЭЭГ-исследованиях понимания метафор (Lachaud C. M., 2012). Повышение Δ -ритма сопровождается изоляцией данных отделов от активирующих подкорковых влияний, что может быть связано с процессами деактивации этих отделов при решении задач данного типа. В задаче «Решение метаграмм» по отношению к заданиям типа «Обобщение по существенным признакам» изменяется подкорковое влияние в области, отвечающей за предметный зрительный гнозис (затылочный отдел).

Выполнение задания «Противоположные суждения» сопровождалось более выраженным Δ -ритмом, чем выполнение задания «Решение метаграмм». Δ -ритм – самый медленный из всех регистрируемых нами ритмов, он связан с работой глубоких подкорковых структур (Гусельников В. И., 1976). Почти по всем отведениям в задании «Противоположные суждения» дельта-ритм больше, подкорковое влияние испытывают затылочные отделы в правом полушарии (рисунок 10), ответственные за зрительное познание и творческое мышление, неалгоритмические действия (Лурия А. Р., 2003).

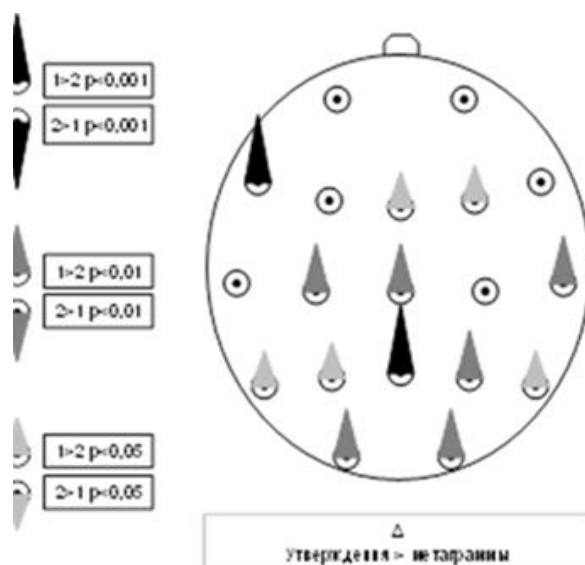


Рисунок 10: Изменение Δ -ритма в различных отведениях: показано сравнение мощностей в данном диапазоне для заданий «Решение метаграмм» (на рис. «Метаграммы») и «Противоположные суждения» (на рис. «Утверждения»)

Также удалось показать, что при решении задания «Метаграммы» у испытуемых активировалось левое полушарие, которое связывают с логикой, формальными операциями, речью и сукцессивной (последовательной) обработкой информации (Лурия А. Р., 2003). Напротив, при выполнении задания «Обобщение по существенному признаку», подкорковое влияние испытывает правое полушарие, особенно височный отдел, обеспечивающий зрительную и моторную активации, т.н. система «Что?», в которую входят структуры, участвующие в исследовании «сущности» объектов, их основных характеристик (Данилова Н. Н., 1992).

Присутствует также локальная динамика θ -ритма (рисунок 11). В правом височном и в затылочном отведениях он выше при выполнении задания «Противоположные суждения», чем при «Решении метаграмм». В задании «Обобщение по существенному признаку», наоборот, θ -ритм характеризуется снижением в тех же отделах.

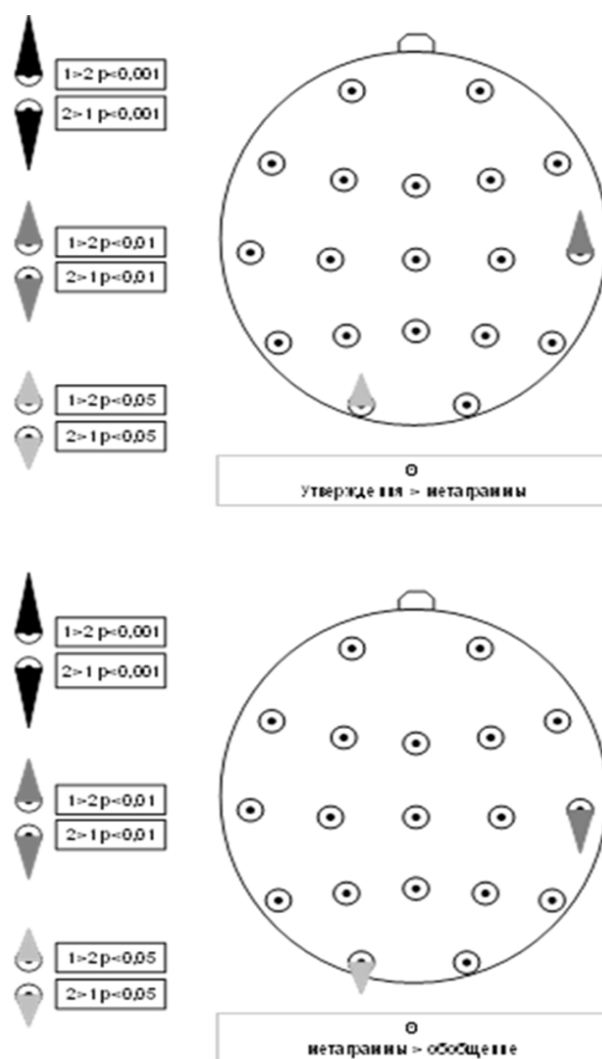


Рисунок 11: Изменение θ -ритма в различных отведениях: показано сравнение мощности в данном диапазоне для заданий «Решение метаграмм» (на рис. «Метаграммы») и «Противоположные суждения» (на рис. «Утверждения») на верхнем изображении, и для заданий «Решение метаграмм» и «Обобщение по существенному признаку» – на нижнем.

Для α - и β^2 -ритмов наблюдается повышение в заданиях типа «Противоположные суждения» в затылочной области, а также β^1 – в височных долях. Повышение α - ритма может указывать на изолирующее влияние подкорковых структур указанных участков. При решении задач «Противоположные суждения» также наблюдается повышение мощности α - ритма в затылочных и право-височных областях по сравнению с повышением мощности α - ритма при решении заданий типа «Решение метаграмм» (рисунок 12).

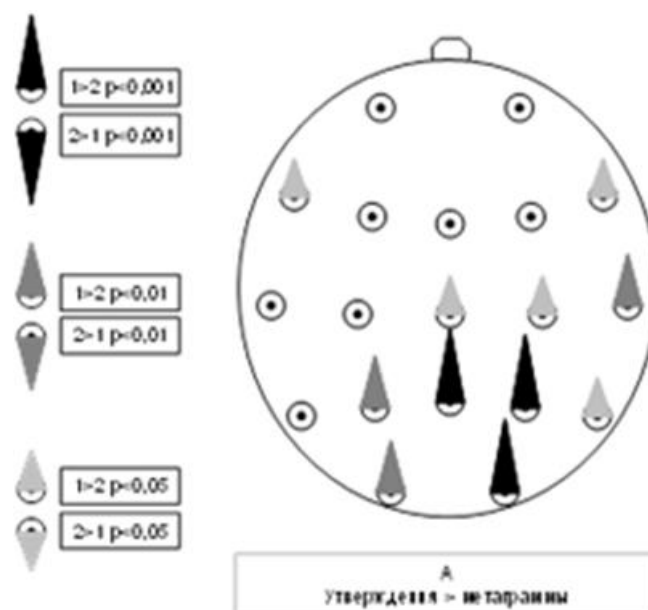


Рисунок 12. Изменение α -ритма в различных отведениях: показано сравнение мощностей в данном диапазоне для заданий «Решение метаграмм» (на рис. «Метаграммы») и «Противоположные суждения» (на рис. «Утверждения»).

Иная ситуация наблюдается при сравнении заданий «Решение метаграмм» и «Обобщение по существенному признаку» (рисунок 13): при решении последних наблюдается снижение мощности α -ритма в тех же затылочных и право-височных областях. Ритмические характеристики существенно ниже, чем при выполнении задания «Решение метаграмм».

Наиболее сильные различия наблюдаются в β^1 -диапазоне. При решении задач типа «Противоположные суждения» достоверно повышается мощность β^1 -ритма по всем отведениям, кроме лобных, по сравнению с решением задач типа «Решение метаграмм». Аналогичным образом различаются между собой задания «Обобщение по существенному признаку» и «Решение метаграмм» (рисунок 14).

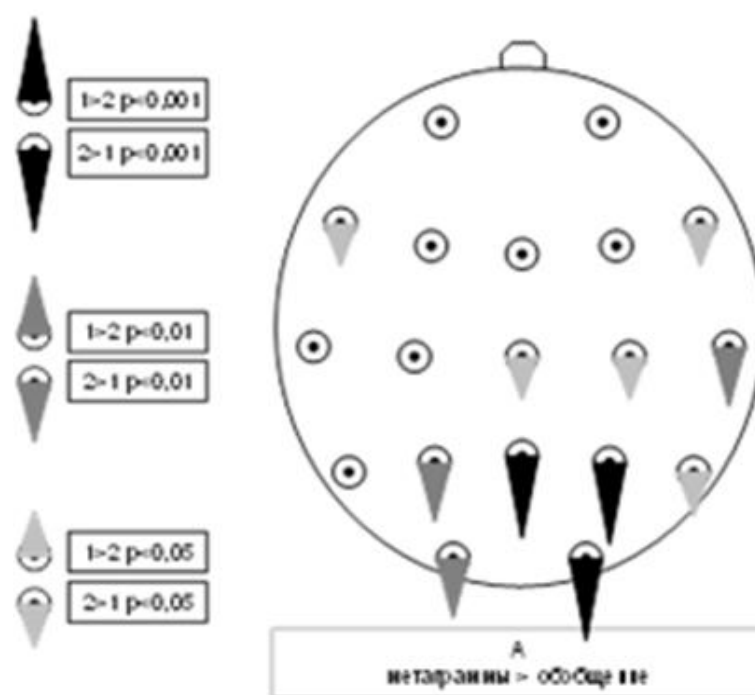


Рисунок 13. Изменение α -ритма в различных отведениях: показано сравнение мощности в данном диапазоне для заданий «Решение метаграмм» (на рис. «Метаграммы») и «Обобщение по существенным признакам» (на рис. «Обобщение»).

По β^2 -ритму тоже наблюдаются достоверные различия. Почти по всем отведениям можно наблюдать повышение этого ритма при решении задания «Противоположные суждения» (рисунок 15). При решении заданий типа «Решение метаграмм» активируются теменные участки и, напротив, снижается мощность ритма в височных долях обоих полушарий, а также затылочных отделах мозга. Можно предположить, что при операциях абстрагирования больше задействована речевая модальность, а при логическом формальном решении (какое требовалось в задании «Решение метаграмм») больше задействована интегративная, в частности пространственная, что связано с пространственными представлениями.

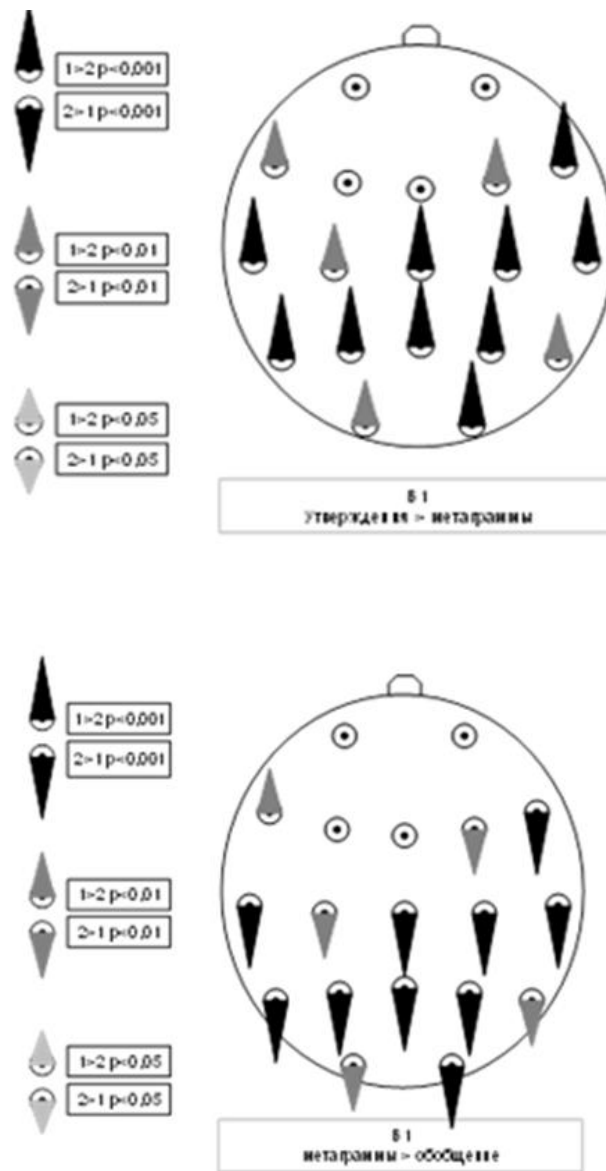


Рисунок 14. Изменение β^1 -ритма в различных отведениях: показано сравнение мощностей в данном диапазоне (верхнее изображение) для заданий «Решение метаграмм» (на рис. «Метаграммы») и «Противоположные суждения» (на рис. «Утверждения»). Для заданий «Решение метаграмм» и «Обобщение по существенному признаку» - на нижнем изображении.

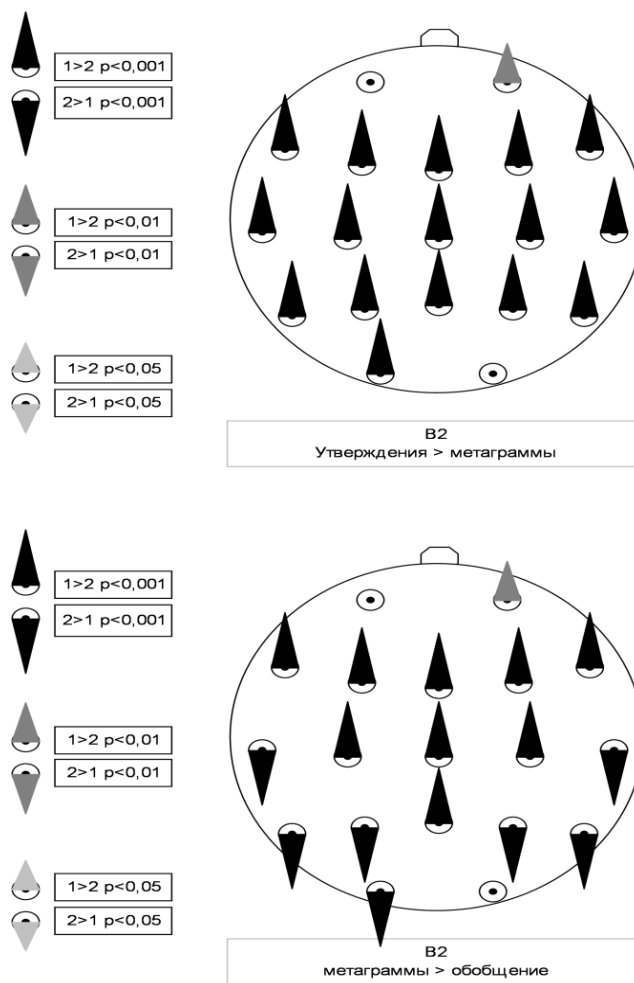


Рисунок 15. Изменение β^2 -ритма в различных отведениях: показано сравнение мощностей в данном диапазоне на верхнем изображении для заданий «Решение метаграмм» (на рис. «Метаграммы») и «Противоположные суждения» (на рис. «Утверждения»). Для заданий «Решение метаграмм» и «Обобщение по существенному признаку» – сравнение мощностей на нижнем изображении.

При решении заданий типа «Обобщение по существенным признакам» наиболее интенсивные информационные процессы идут в «когнитивном» блоке (по А. Р. Лурия), в то время как при «Решении метаграмм» – в «моторном» и «регуляторном» блоках. Можно предположить, что такое влияние подкорковых структур связано с последовательностями логических операций в задании, удержанием в рабочей памяти информации.

Интересны изменения подкорковых влияний низкочастотных ритмов, которые отражаются в задачах «Обобщение по существенному признаку» изменение в затылочных областях, обеспечивающих зрительный гнозис. В

«Решении метаграмм» наблюдается увеличение подкорковых влияний и сомато-сенсорного гнозиса, связанного с пространственными представлениями и формированием схемы тела, аналитическими операциями.

Понятийные преобразования, которые необходимо выполнить для решения заданий методик «Противоположные суждения» и «Обобщение по существенному признаку», предполагают операции абстрагирования. Эти понятийные преобразования должны быть максимально независимы от конкретных, связанных с потребностями суждений, поэтому наблюдается снижение влияния глубоких подкорковых структур и интенсификация высокочастотной ритмики. Следовательно, происходит и активация информационных процессов мозга. Наблюдаются сходные паттерны мозговой активности, поскольку активируются абстрактные преобразования, что сопровождается изменением низкочастотных ритмов.

Повышение влияния подкорковых структур (повышение мощности тета-ритма), как принято считать, связано с эмоциональной вовлеченностью в решение заданий (Марютина Т. М., 2001), однако такая тенденция требует дополнительной проверки, поскольку в настоящем исследовании эмоциональное состояние испытуемых не контролировалось с помощью психологических методик.

На основании полученных результатов можно сделать предварительный вывод о том, что задачи типа «Противоположные суждения» и «Обобщение по существенному признаку» сходны друг с другом по характеру обеспечивающей их выполнение активации мозга и отличаются от задач типа «Решение метаграмм». При «Решении метаграмм» необходимо одновременно работать с большим количеством ментальных пространств, перемещаться между ними и удерживать в рабочей памяти информацию. Это дает основание предполагать, что решение заданий «Противоположные суждения» и «Обобщение по существенному признаку» обеспечивается сходными паттернами психической активности – в частности, требует совершения сходных по своему когнитивному «рисунку» понятийных преобразований.

3.1.3. Анализ спектральной мощности ЭЭГ при различной успешности совершения понятийных преобразований

Для проверки гипотезы о том, что успешное и неуспешное выполнение заданий на понятийное преобразование сопровождаются различными паттернами функционального состояния мозга, применялся многофакторный MANOVA с повторными измерениями и апостериорный критерий попарных сравнений Post Hoc (LSD Фишера). Нами были зафиксированы все ответы испытуемых по каждому заданию. После их оценки ответы были разделены на два класса: «успешный» и «неуспешный» (0 баллов – неуспешный ответ, 1 или 2 – успешный ответ).

Наблюдались различия в основном на уровне высокочастотных ритмов. Совместное влияние факторов «Тип задачи», «Отведение» и «Успешность» на мощность в диапазоне β^2 -ритма достоверно на уровне $F = 1,655, p = 0,008$. Это значит, что в разных типах задания мощность β^2 -ритма в разных отведениях меняется в зависимости от успешности решения задания.

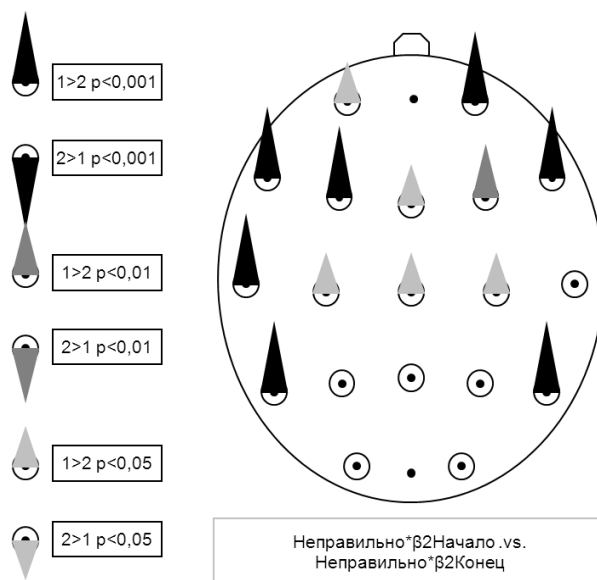


Рисунок 16: Изменение β^2 -ритма в различных отведениях показано сравнение мощности в данном диапазоне в начале и в конце выполнения заданий при неуспешных ответах (на рис. – «Неправильно»)

По β^2 -ритму наблюдается повышение и при неуспешных (рисунок 16), и при успешных ответах. Хотя изменения локализованы в основном в теменных и височных отделах, при обоих вариантах ответа (а также в лобных – при успешных ответах), изменение ритмов происходит неодинаково.

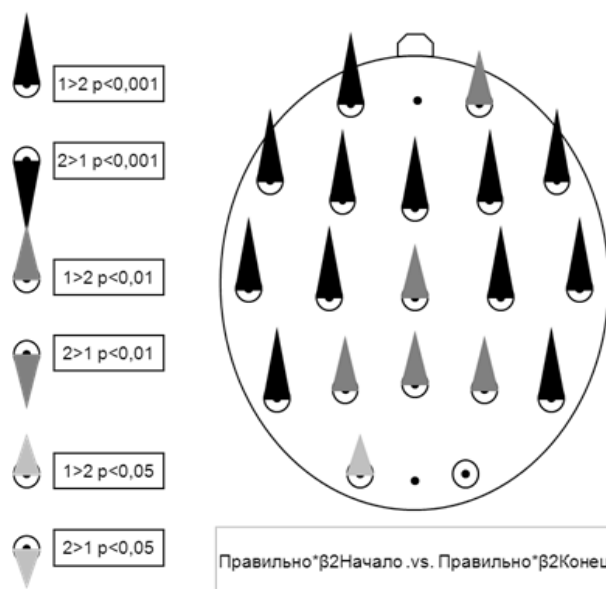


Рисунок 17. Изменение β^2 -ритма: в различных отведениях показано сравнение мощности в данном диапазоне в начале и в конце выполнения заданий при успешных ответах (на рис. – «Правильно»)

β^2 -ритм – один из самых быстрых ритмов, он связан с десинхронизацией, сопровождающей интенсивные информационные процессы. На этом основании мы можем сделать вывод, что различное изменение мощности по высокочастотным ритмам указывает и на различную интенсификацию мозговой активности (Perfetti В., 2009).

У тех испытуемых, которые успешно справились с заданиями, в начале выполнения β^2 -ритм выше в правой височной области – ассоциативной зоне мозга (рисунок 18).

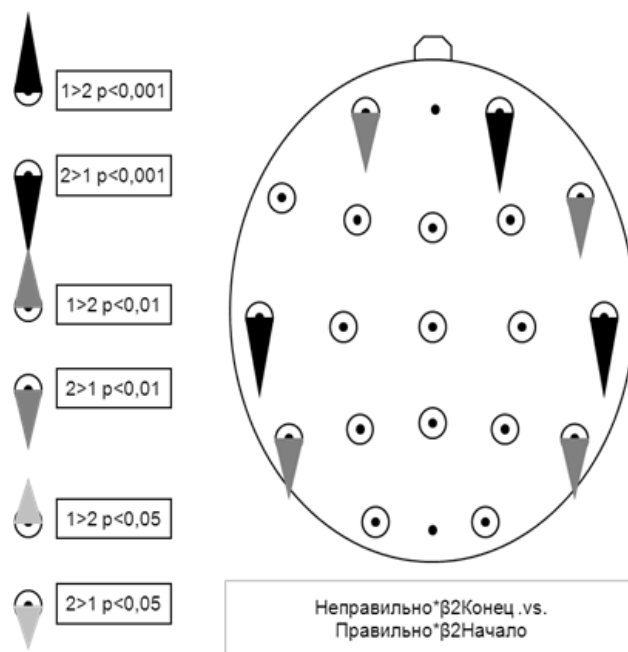


Рисунок 18. Изменения β^2 -ритма: показано сравнение мощности в данном диапазоне в начале и в конце выполнения заданий при успешных (на рис. – «Правильно») и неуспешных (на рис. – «Неправильно») ответах

Интересны результаты о связи успешности решения задания и изменений высокочастотных ритмов на ЭЭГ. В частности, наблюдалась стабильная динамика высокочастотных ритмов в правых височных отведениях. Считается, что в соответствующих отделах мозга в данные отведения проецируются ассоциативные поля и т.н. система «Что?» (Данилова Н. Н., 1992). Эти результаты, по нашему мнению, требуют отдельного исследования и интерпретации, поскольку указывают на нехарактерную динамику ЭЭГ в процессе понятийных преобразований.

Нами был проведен анализ функционального состояния мозга при совершении преобразований различных типов в начале и в конце решения, а также при успешном и неуспешном ответах. Было выявлено, что при решении заданий различных типов участки мозга активируются неодинаково. В частности, когда испытуемые работали с заданиями «Обобщение по существенным признакам» и «Противоположные суждения», наблюдалась активация «когнитивного» блока мозга, «Решение метаграмм»

сопровождалось активацией в «регуляторном» блоке. Мы предполагаем, что такая активация связана со спецификой понятийных преобразований.

«Решение метаграмм» предполагает вертикальное понятийное преобразование и, по всей видимости, включает последовательность более «мелких» операций с понятиями. На основании анализа субъективных отчетов испытуемых нам удалось выяснить, что чаще всего успешный поиск ответа предполагал работу с одним ментальным пространством и последующий подбор остальных слов-ответов (например, «Сначала отгадал, кто пьется задом – это рак, а потом просто подставил букву») (Метаграмма №2, М., 20).

Таким образом, для понятийного перехода требовалось «пройти» несколько ступеней: вертикальный понятийный переход по уровням обобщения и последующие логические операции. Также, по субъективным отчетам испытуемых ясно, что решение метаграммы требовало удержания в рабочей памяти всех ответов (от двух до четырех слов). «Решение метаграмм» сопровождалось понижением уровня информационных процессов в «когнитивном блоке» мозга, что указывает на более узкое «поле» поиска ответов, поскольку требовалось назвать определенное слово. Условно можно сказать, в смысле операций понятийного мышления метаграмма – более простая задача, нежели объединение общим признаком трех слов или подбор аргумента «за» или «против», в них преобладает регуляторный компонент.

Наиболее интенсивные когнитивные процессы наблюдались при работе с заданием «Противоположные суждения», поскольку они требовали большей интенсивности понятийных преобразований. Здесь преобразования одновременно и заданы рамками утверждения, и предполагают большую свободу аргументации. Сходная ситуация наблюдается и при выполнении задания «Обобщение по существенным признакам». И несмотря на то, что для выполнения задания «Противоположные суждения» необходимо совершить горизонтальное преобразование, а «Обобщение по существенным признакам» предполагает скорее вертикальный переход по уровням обобщения, оба

задания провоцируют испытуемого создать более абстрактный интеллектуальный продукт.

3.1.4. Обсуждение результатов изменений спектральной мощности ЭЭГ при различной успешности понятийного мышления

Результаты анализа динамики функционального состояния мозга от начала к концу решения заданий позволяют делать вывод о наличии общей тенденции к синхронизации мозга (снижении высокочастотной и повышении низкочастотной ритмики к концу решения). Мыслительная задача, которая появляется перед испытуемым, провоцирует процесс десинхронизации, а когда ответ находится – десинхронизация, наоборот, снижается.

Такую тенденцию можно отметить для всех трех типов заданий, которые, несмотря на различную когнитивную структуру, связаны необходимостью создания интеллектуального продукта – целостной понятийной структуры.

Рассмотрение динамики функционального состояния мозга при успешном и неуспешном ответе показало интересные изменения высокочастотных ритмов. При успешном решении для них характерно было большее повышение вначале решения задачи и последующее большее снижение. Данную закономерность можно связывать с тем, что в тех случаях, когда испытуемый все же приходил к верному ответу, это обеспечивалось совершением более интенсивных и сложных понятийных преобразований. При неверном ответе преобразования менее динамичны, и, даже дав ответ, испытуемые периодически комментировали его как неверный, что может объяснять высокий уровень протекания когнитивных процессов в конце задания (например, «Сказала, что все слова объединяет буква «а», чтобы хоть какой-то ответ был» (задание «Обобщение по существенному признаку», Ж., 21).

Обобщая вышесказанное, отметим, что в результате анализа динамики функционального состояния мозга были рассмотрены основные ее паттерны

при различных факторах, обуславливающих эти изменения. Полученные данные позволяют частично объяснить когнитивную структуру понятийных преобразований различного уровня обобщения.

Совершение различных по своей когнитивной структуре понятийных преобразований сопровождается различными психофизиологическими показателями функциональной активности мозга. Функциональное состояние мозга, сопровождающее совершение разноуровневых понятийных преобразований, которые требуют одновременной работы над несколькими линиями решения и соотнесения их друг с другом («Решение метаграмм»), характеризуется большей активацией регуляторного блока. Решение задач, которые не требуют параллельной разработки нескольких линий решения и интенсивного контроля со стороны метакогнитивной сферы («Обобщение по существенному признаку» и «Противоположные суждения»), а также обеспечиваются преимущественно однонаправленными когнитивными действиями, реализуются за счет преимущественной активации когнитивного блока мозга. Функциональное состояние мозга, сопровождающее различные типы понятийных преобразований, характеризуется индивидуальными паттернами корково-подкорковых отношений. Это выражается в том, что при выполнении заданий, требующих совершения формальных когнитивных операций («Противоположные суждения» и «Обобщение по существенному признаку»), наблюдается некоторая изоляция корковых структур от влияния подкорковых образований. И напротив, при выполнении заданий, предъявляющих высокие требования к метакогнитивной регуляции и провоцирующих состояние эмоциональной вовлеченности («Решение метаграмм»), кора испытывает большее влияние со стороны подкорковых структур.

Функциональное состояние мозга изменяется в процессе совершения понятийного преобразования. Несмотря то, что выполнение различных заданий на понятийные преобразования сопровождается различной специфика их осуществления, существует общая тенденция к упрощению динамики

биоэлектрической активности мозга к концу выполнения задания. Это отражается в снижении мощности высокочастотных ритмов и снижении мощности низкочастотных, которое сопровождает процесс создания интеллектуального продукта.

Функциональное состояние мозга по-разному изменяется в случае успешного и неуспешного решения задания. Информационные процессы в когнитивном блоке мозга идут интенсивнее при успешном ответе, чем при неуспешном. Это справедливо как в отношении возрастания их интенсивности, так и снижения.

В данной части исследования задачей было выявление динамики функционального состояния мозга при совершении понятийных преобразований различного уровня успешности.

Поскольку в исследуемых феноменах так или иначе присутствует такая психологическая реальность, как умственное усилие (*mental effort*), полученное изменение динамики функционального состояния мозга в сторону низкочастотных ритмов при успешном решении сочетается как с представлениями об энерго-информационных соотношения психической деятельности, так и с представлениями о мозговом обеспечении умственного усилия. Многими исследователями отмечается особая роль низкочастотных ритмов в обеспечении успешной мыслительной деятельности (Doppelmaier M., 2002; Рурма В. et al., 2006; Grabner R. H. et al., 2006; Neubauer A. C., Fink, A., 2009).

Полученные результаты позволяют сделать выводы о стадийности процесса преобразования понятий, где начальная и конечная стадии различаются по ритмо-волновым характеристикам, причем при успешном решении можно наблюдать сдвиг в сторону медленноволновой активности, а при неуспешном такой тенденции не наблюдается. Это позволяет заключить наличие тренда эффективности понятийного мышления, где его успешность сопровождается процессами синхронизации ЭЭГ.

3.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОЭФФИЦИЕНТА ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЭЭГ В ПРОЦЕССЕ УСПЕШНОГО И НЕУСПЕШНОГО РЕШЕНИЙ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Ниже будут приведены результаты изменений фрактальной размерности мозга на начальном и конечном этапах совершения понятийных преобразований в процессе решения стимульных заданий.

3.2.1. Изменения коэффициента фрактальной размерности ЭЭГ в процессе совершения понятийных преобразований

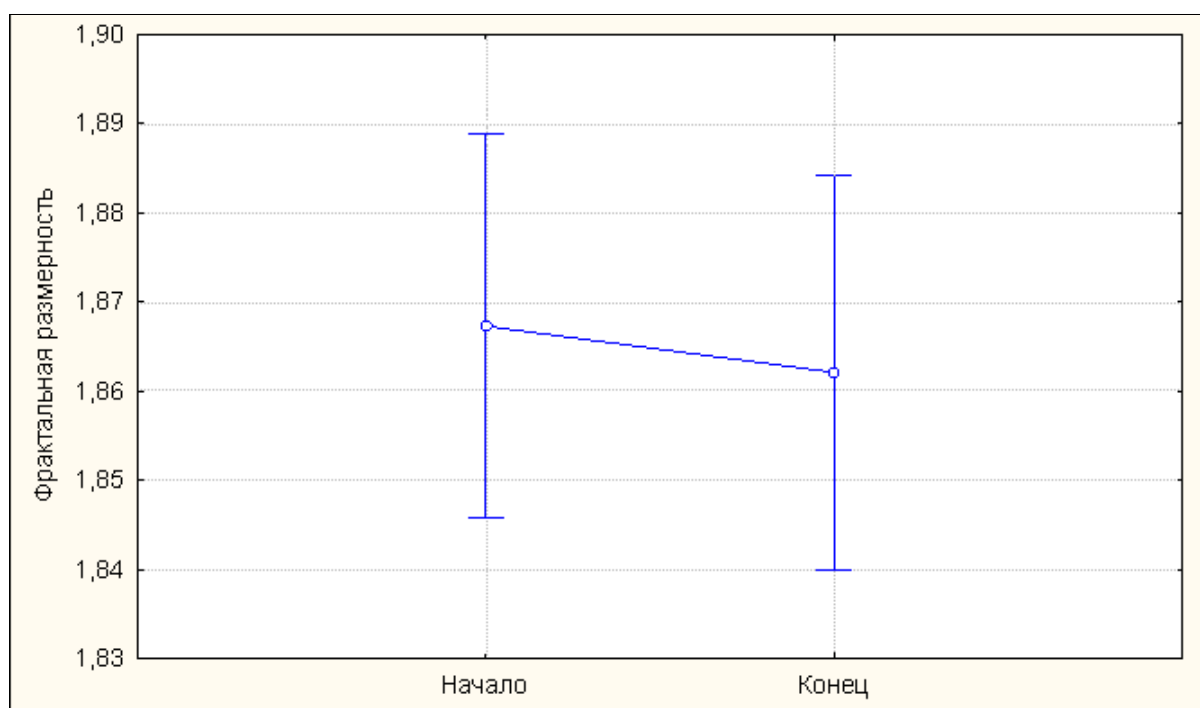


Рисунок 19. График изменений величины фрактальной размерности для фактора «Этап» от начала к концу решения стимульного задания.

На Рисунке 19 графически изображено изменение фрактальной размерности от начала к концу выполнения стимульных заданий (для интервалов времени равных половине общей длительности решения, то есть первой и второй половине решения за исключением первых и последних 0,5 секунд) ($F(1,420) = 5,2917$ $p = 0,2192$). Показанные изменения относятся ко всем отведениям (ко всем каналам ЭЭГ), но, поскольку для каждого из

отведений можно видеть большие различия по фрактальной размерности (что показано на рисунке 20), наблюдаются большие доверительные интервалы при уровне значимости $p = 0,021$. Поскольку в данном случае применяется план повторных измерений и учитывается дисперсия фрактальных размерностей для всех пар отведений (в начале и в конце), различия статистически достоверны.

Далее, для различных отведений (рисунок 20) показано изменение фрактальной размерности на двух этапах решения задания (в начале и в конце) на всех трех типах задач. Здесь графически отображены синхронные отклонения, и можно заметить, что для разных отведений на первых этапах изначально наблюдаются неодинаковые величины фрактальной размерности. Тем не менее, различных отведений ЭЭГ изменения от начала к концу значительно различаются на высоком уровне статистической значимости ($F(18, 75) = 3,395$; $p < 0,001$).

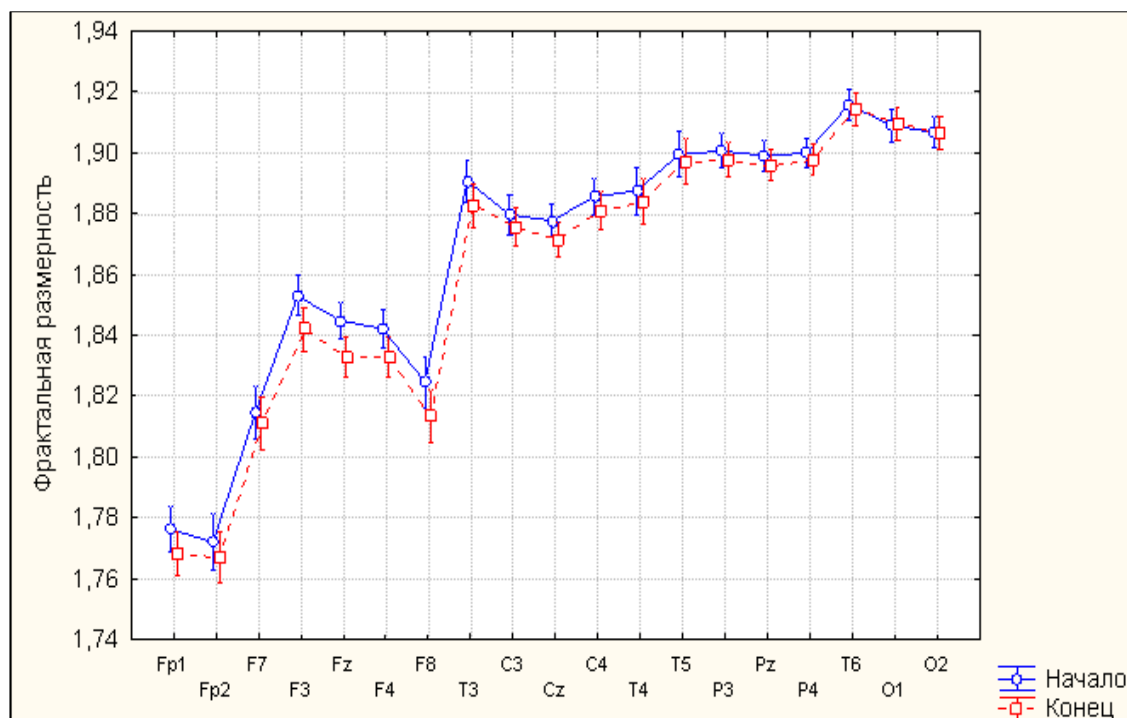


Рисунок 20. График изменений величины фрактальной размерности по всем каналам ЭЭГ как отдельным измерениям на первом (на графике – «Начало») и последнем (на графике – «Конец») этапах решения стимульной задачи для всех типов заданий.

Итак, на графическом изображении совместного влияния факторов «Этап» и «Канал ЭЭГ» (рисунок 20) демонстрируется, что по многим каналам присутствуют отклонения фрактальной размерности с ее снижением к концу решения. Такие отклонения более существенны в передних отведениях (FP₁, F₃, F₄, F₈, C₃), которые расположены на уровне передних отделов мозга (лобных и теменных долей). Для других каналов (P₃, P_Z, P₄, T₆, O₁, O₂), расположенных на уровне височных и затылочного отделов мозга, можно наблюдать меньшие изменения фрактальной размерности или их отсутствие.

Собственно, снижение фрактальной размерности в передних отделах головного мозга, наблюдаемое на графиках свойственно нормальной работе мозга при выполнении умственной деятельности: при решении различных заданий с открытыми глазами и описана в клинической литературе (Зенков Л. Р., 2011): низкочастотная часть спектра доминирует в передних отделах, а высокочастотная часть преобладает в затылочных отделах.

Наблюдаемый резкий переход графика фрактальной размерности к более высоким значениям для отведений, соответствующих височным и центральному отделам мозга в момент решения заданий может быть объяснен с позиции структурно-функциональной модели мозга, предложенной А.Р. Лурия (Лурия А. Р., 2003).

Сходные результаты были получены и после применения апостериорных попарных сравнений (рисунок 21). На графическом изображении статистически достоверных различий для каналов ЭЭГ продемонстрировано: различия присутствуют в передних отведениях, которые устанавливаются соответственно префронтальным и премоторным отделам коры головного мозга. То есть основным источником изменений фрактальной размерности можно полагать лобные доли мозга, что указывает на изменение в процессе мышления матрицы межнейронных связей, которые детерминируют биоэлектрическую активность мозга.

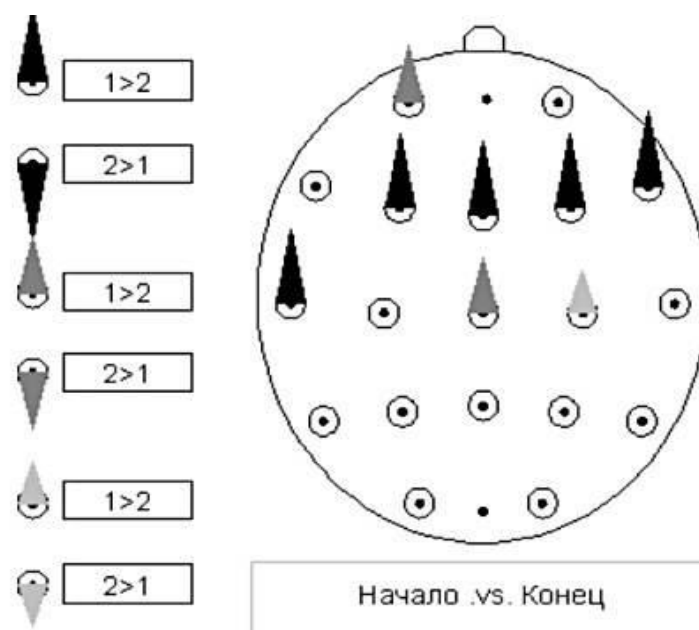


Рисунок 21. Изменение фрактальной размерности различных отведений на разных этапах решения задания (первый этап обозначен как «Начало», а второй как «Конец»)

Обобщая данные об изменении фрактальной размерности на двух (начальном и заключительном) этапах решения стимульных заданий, а значит, в момент совершения понятийных преобразований, укажем:

1. От начала к концу решения задания наблюдается снижение фрактальной размерности во всех отведениях;
2. Для передних отведений характерно преобладание низкочастотной ритмики ЭЭГ, а для задних отведений – наоборот, высокочастотной;
3. Наиболее существенным выводом является тот факт, что суммарная «сложность» (выраженная в процессах синхронизации ЭЭГ) всех отделов коры мозга снижается к концу решения задач. Иными словами, наблюдается тенденция снижения активации мозга к тому моменту, когда испытуемый будет готов дать ответ.

3.2.2. Анализ фрактальной размерности ЭЭГ у испытуемых с различными показателями психометрического интеллекта

Как указывалось, выше, при решении стимульных заданий на понятийные преобразования наблюдается снижение фрактальной размерности от начала к концу совершения понятийных преобразований (в процессе решения стимульного задания).

При сравнении двух групп испытуемых, которые участвовали в психофизиологическом исследовании, были получены следующие результаты (рисунок 22). Графически показано, что при высоком уровне статистической значимости ($F(18,72) = 8,382; p < 0,001$) в различных отведениях у испытуемых контрастных групп, решающих задачи на понятийное мышление. В исследовании приняли участие испытуемые, разделенные на две группы по баллам, полученным по методике «Стандартные прогрессивные матрицы» Дж. Равена. В Группу 1 вошли 10 % испытуемых, набравших самые высокие баллы в данной выборке, в Группу 2 – 10 % испытуемых, набравших самые низкие баллы. Здесь и далее мы будем условно называть Группу 1 как группу с «высокими показателями интеллекта» и Группу 2 с «низкими показателями интеллекта». Особо отметим, что все полученные нами результаты соответствуют возрастной норме, а данное деление условно и отражает межиндивидуальные различия внутри этой нормы.

Наиболее существенные отклонения можно наблюдать в передних отведениях (F_3 и F_4), где прослеживается снижение фрактальной размерности у группы с «высокими показателями интеллекта». Такие отклонения подтверждаются при расчетах с применением апостериорного критерия PostHoc, результаты которого показаны на рисунке 23 для всех отведений.

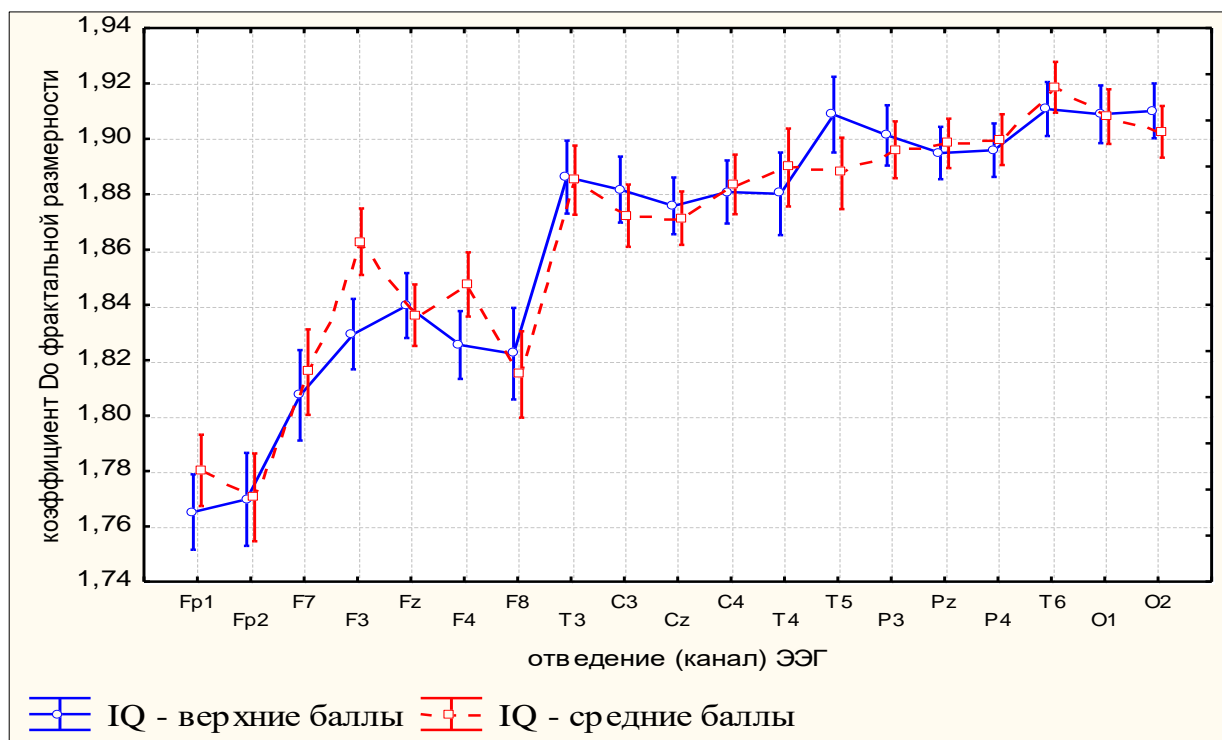


Рисунок 22. График величины фрактальной размерности для различных отведений ЭЭГ для испытуемых двух групп. Как «Высокий» обозначены изменения для Группы 1 (с «высокими показателями интеллекта»), как «Низкий» – изменения для Группы 2 (с «низкими показателями интеллекта»)

Такие результаты согласуются с описанными выше характеристиками изменений фрактальной размерности в лобных долях, однако здесь мы можем уточнить, что показательны различия для группы с «высокими показателями интеллекта». Снижение фрактальной размерности предполагает возрастание упорядоченности ритмо-волновых характеристик (процесс синхронизации). В связи с этим можно предполагать, что регуляторные процессы (и, в частности регуляция собственной мыслительной деятельности), в которые вовлечены лобные доли, у испытуемых с «высокими показателями интеллекта» происходят на фоне более «упорядоченной» (в терминах анализа фрактальной размерности) работы мозга.

Кроме того, такое снижение фрактальной размерности наблюдается для различных отведений в процессе решения задания от его начала к концу. По различным отведениям на высоком уровне значимости ($p < 0,001$) можно также проследить отличия величины фрактальной размерности в лобных

отведениях. То есть для испытуемых с «высокими показателями интеллекта» характерна более низкая фрактальная размерность в передних отведениях, чем для испытуемых с «низкими показателями интеллекта».

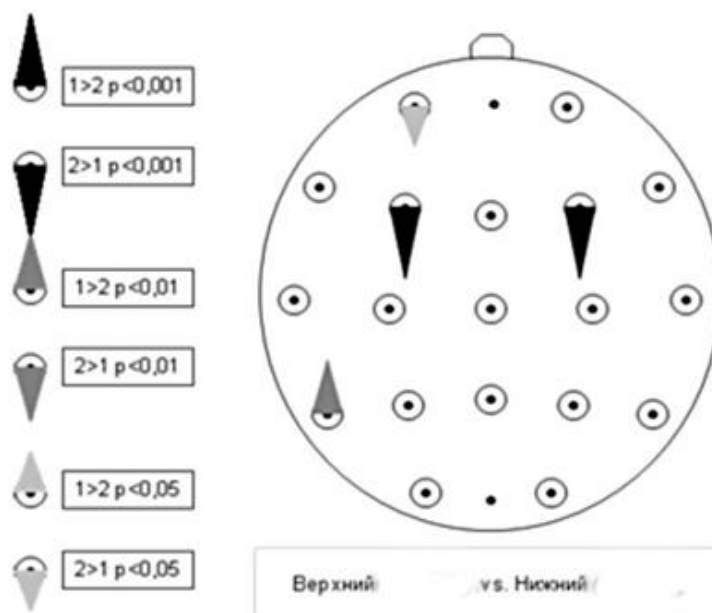


Рисунок 23. Изменение величины фрактальной размерности в момент решения стимульного задания для двух групп испытуемых («Верхний» обозначает 10 % (дециль) испытуемых с «высокими показателями интеллекта», а «Нижний» обозначает 10% испытуемых с «низкими показателями интеллекта»)

Уточняя данные результаты, отметим, что от начала к концу решения стимульного задания у испытуемых с «высокими показателями интеллекта» и с «низкими показателями интеллекта» в передних отведениях наблюдается неодинаковый характер изменений. Для испытуемых с «высокими показателями интеллекта» характерно снижение фрактальной размерности в передних отделах мозга, что может свидетельствовать о снижении активности регуляторных процессов, касающихся решения предъявляемой задачи.

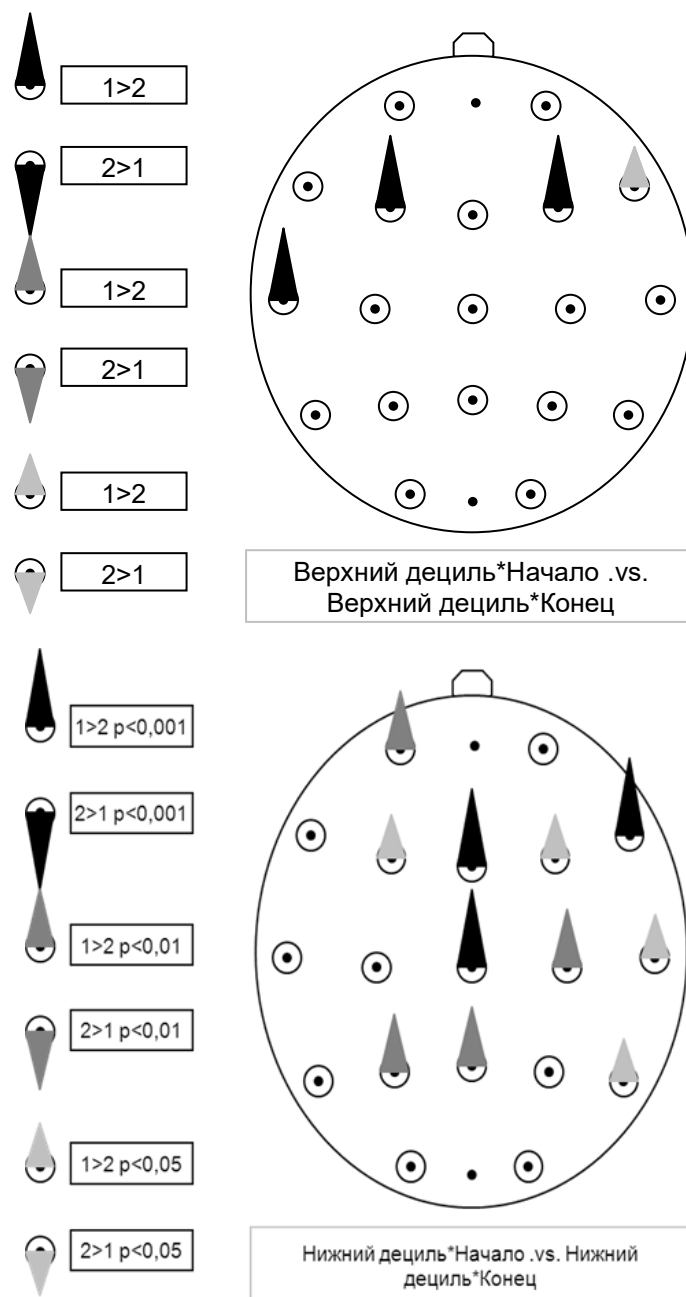


Рисунок 24. Изменение величины фрактальной размерности от начала к концу решения стимульного задания для двух групп испытуемых («Верхний дециль» обозначает 10 % (дециль) испытуемых с «высокими показателями интеллекта», а «Нижний дециль» обозначает 10% испытуемых с «низкими показателями интеллекта»)

Итак, для двух групп испытуемых с «высокими показателями интеллекта» и «низкими показателями интеллекта» для данной выборки показано:

1. Наблюдаются различия величины фрактальной размерности между двумя группами испытуемых. Данные различия зарегистрированы во

- фронтальных отведениях;
2. Наблюдается снижение высокочастотной ритмики (связанной с процессами синхронизации) у испытуемых с «высокими показателями интеллекта» в сравнении с группой с «низкими показателями интеллекта»;
 3. Снижение величины фрактальной размерности от начала к концу решения стимульного задания для участников в группе с «высокими показателями интеллекта» может объясняться как снижение интенсивности регуляторных процессов, направленных на контроль совершаемых понятийных преобразований.

Мы полагаем, что изменения фрактальной размерности ЭЭГ, которые позволяют говорить о процессах синхронизации в лобных долях, к концу решения задачи у испытуемых группы с «высокими показателями интеллекта» позволяют сделать выводы о метакогнитивной регуляции интеллектуальной деятельности, которая выражена в критичности к собственному интеллектуальному продукту. Иными словами, она выражается в оценке своего ответа испытуемым. При различных по успешности ответах изменения фрактальной размерности также будут различными, что показано ниже.

3.2.3. Изменения фрактальной размерности ЭЭГ при успешном и неуспешном совершении понятийных преобразований

Наиболее интересные результаты были получены в результате дисперсионного анализа совместного влияния факторов «Группа IQ» и «Успешность ответа» ($p < 0,001$), т.е. для групп с разными показателями психометрического интеллекта и успешности ответа на задания предъявляемых методик. Корреляция между успешностью решения стимульных заданий и группой по результатам прохождения методики «Стандартные прогрессивные матрицы»: $r = 0,15$ ($p < 0,001$).

Результаты, приведенные на рисунке 25, напрямую соотносятся с гипотезами нашего исследования. Можно видеть, что для группы испытуемых с «высоким показателем интеллекта» наличие успешного ответа связано со сравнительно более низкой фрактальной размерностью ЭЭГ. Для этой группы испытуемых характерна более низкая активация мозга во всех этапах решения задачи на понятийные преобразования. При успешном решении мозг работает более «эффективно», что определяется снижением фрактальной размерности ЭЭГ и, следовательно, более низкой активацией.

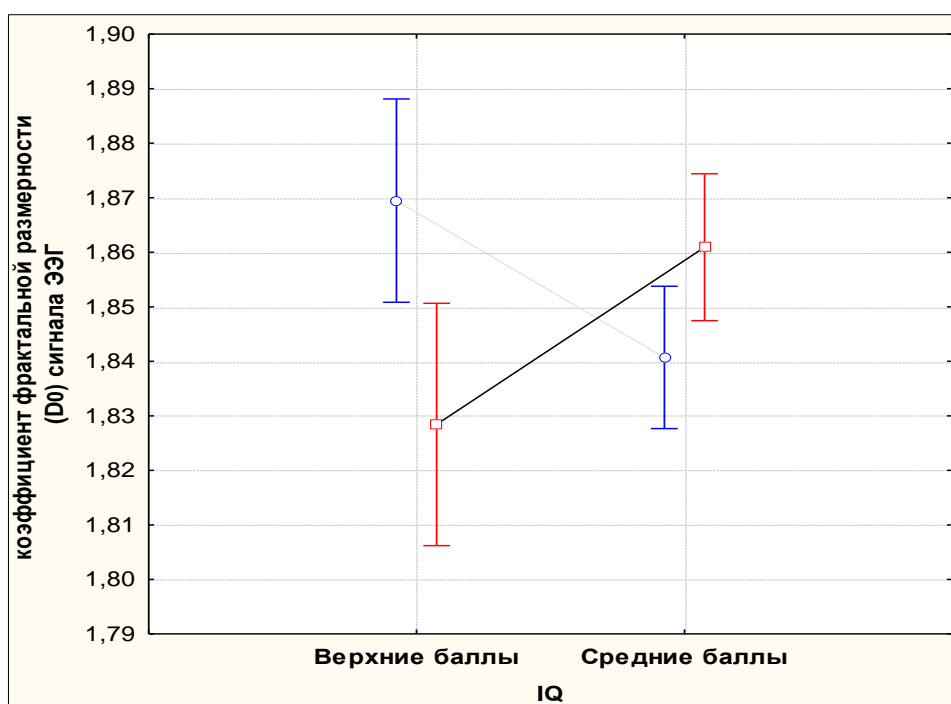


Рисунок 5. Сравнение коэффициента фрактальной размерности (D_0) для двух групп испытуемых, сформированных по результатам теста «Стандартные прогрессивные матрицы» (с наиболее высокими и наиболее низкими баллами в данной выборке) при различной успешности ответов (красным отмечены успешные, а синим – неуспешные ответы). По оси абсцисс представлены показатели для испытуемых с верхними и средними баллами по тесту, по оси ординат – показатель коэффициента фрактальной размерности сигнала ЭЭГ

У испытуемых с более низким интеллектом различия во фрактальной размерности ЭЭГ между успешным и неуспешным решением противоположны и значительно меньше. Итак, и при успешном, и при

неуспешном решении заданий между испытуемыми двух групп существуют различия по величине фрактальной размерности. Вывод о присутствии процессов синхронизации, которые наблюдаются в процессе решения задания при успешном решении, согласуется с результатами исследований в рамках гипотезы нейроэффективности (Rypina B. et al., 2006; Grabner R. H. et al., 2006; Neubauer A. C., Fink, A., 2009; Dunst B. et al., 2014; Schultz D.H. et al., 2016).

При различной успешности ответов (верный и неверный ответ) для двух групп испытуемых наблюдается различная сложность сигнала ЭЭГ, как следует из рисунка. Наибольшая сложность сигнала ЭЭГ наблюдается в пробах, где процесс решения оканчивался неверным ответом в группе испытуемых с большим IQ, а наименьшая – для той же группы при верном ответе. Обратные результаты получены для группы менее успешных испытуемых. Наоборот, при верном ответе в данной группе сложность сигнала ЭЭГ выше, чем при неверном.

Напротив, у испытуемых группы с «низким показателем интеллекта» наблюдается противоположная динамика изменений величины фрактальной размерности. Отметим, что изменения в данном случае меньше по величине, чем для группы с «высоким показателем интеллекта», однако показаны на статистическом уровне значимости ($p = 0,0052$). Следовательно, при неуспешном решении можно видеть меньшую величину фрактальной размерности, чем при успешном решении.

Обобщая полученные данные, можно отметить инверсионный характер связи сложности сигнала ЭЭГ и успешности понятийного мышления, где для более успешных испытуемых характерны меньшие показатели коэффициента фрактальной размерности ЭЭГ. Данную закономерность можно связывать и с меньше общей активацией мозга в процессе решения задач, что соответствует современным работам, подтверждающим гипотезу нейроэффективности (Neubauer A. C., Fink A., 2009; Dunst B. et al., 2014; Schultz D.H. et al., 2016).

На рисунке 26 показаны изменения фрактальной размерности, о которых сообщалось выше, но для различных типов заданий. Видно, что описанный

характер изменений фрактальной размерности при успешном и неуспешном ответе у разных групп испытуемых существенно лучше повторяется для методики «Обобщение трех слов» ($F(1,28) = 6,63; p < 0,01$).

По нашему мнению, этот факт можно связать с когнитивной структурой данного типа стимульного задания, поскольку в таком случае испытуемому предлагается дать ответ не конкретным словом (как это необходимо сделать в методике «Решение метаграмм»), а обозначить существенный признак. Именно в таких проблемных для мышления условиях, когда для решения задачи необходимо совершить понятийный переход от более низкого к более высокому уровню обобщения, можно говорить о проявлении нечувствительности к ошибке и не критичности к собственному ответу у испытуемых с «низким показателем интеллекта».

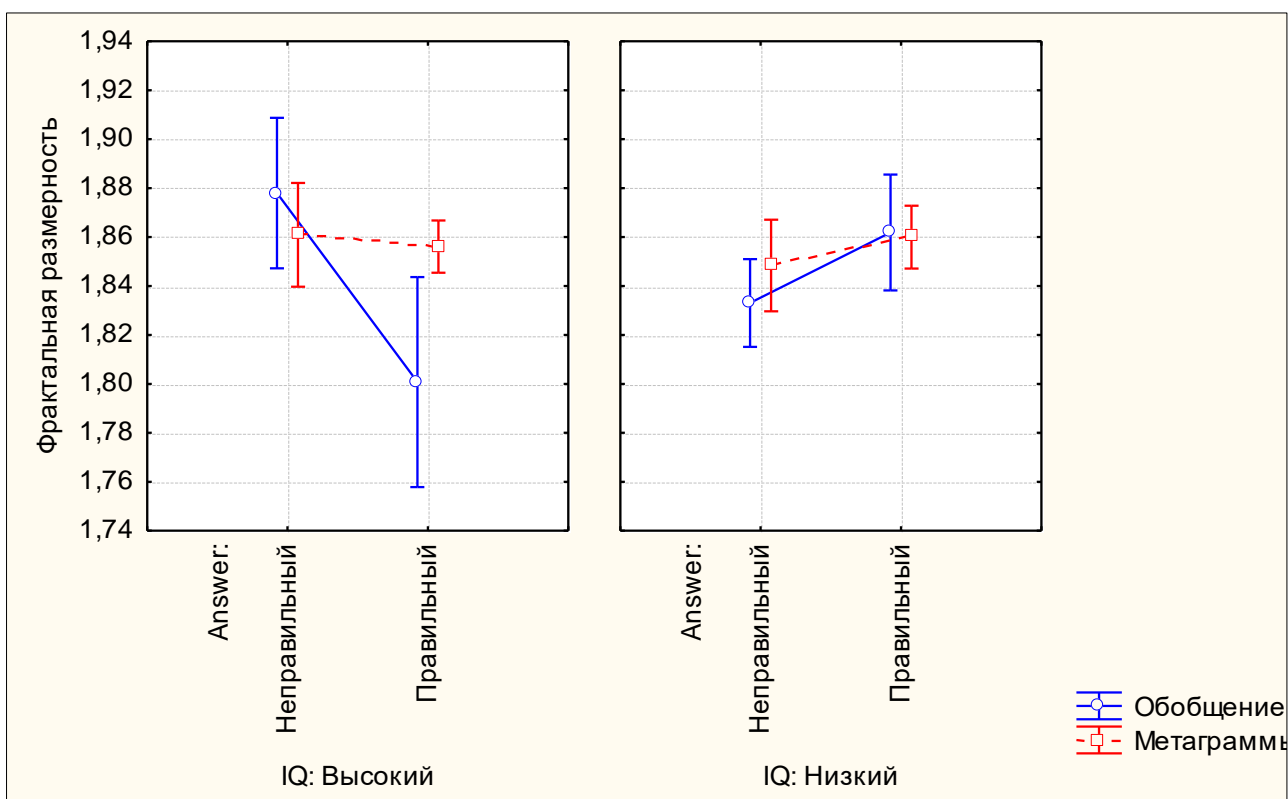


Рисунок 26. График изменений величины фрактальной размерности. Показано совместное влияние факторов «Тип задания», «Успешность ответа» и «Показатель интеллекта» (на графике «Правильный» и «Неправильный»), фактор Answer означает ответ. Сравнение для двух типов стимульных заданий: «Обобщение» (методика «Обобщение по существенному признаку») и «Метаграммы» (методика «Решение метаграмм»)

Наоборот, у испытуемых с «высоким показателем интеллекта» наблюдается чувствительность к собственной ошибке. На рисунке 26 демонстрируется, что фрактальная размерность выше у испытуемых группы с «высокими показателями интеллекта» в случае неуспешного ответа.

Эта закономерность позволяет делать следующие выводы. При высоком фоновом психометрическом интеллекте из-за больших регуляторных влияний на мыслительную деятельность субъект адекватно отражает инструкцию задания и способен оценивать структуру задачи, а также критично оценить собственный ответ. В случае неуспешного ответа субъект отдает себе отчет в его невысоком качестве, при этом на уровне мозгового субстрата не происходит снижения активации мозга.

3.2.4. Обсуждение результатов анализа фрактальной размерности ЭЭГ при различной успешности понятийного мышления

Обобщая данные, полученные для двух групп испытуемых и успешности решения заданий, выделим ключевые моменты:

1. Для двух групп испытуемых наблюдаются различные процессы активации мозга, что отражается в изменении фрактальной размерности, описывающей синхронизацию и десинхронизацию сигнала ЭЭГ в премоторных и префронтальных областях коры головного мозга;
2. Для группы с «высоким показателем интеллекта» наблюдается снижение размерности при успешном ответе, а для группы с «низким показателем интеллекта» наблюдается повышение (хотя и сравнительно меньшее) высокочастотных ритмов (т.е. появление процессов десинхронизации) также при успешном ответе;
3. При успешном ответе у испытуемых группы с «низким показателем интеллекта», в отличие от другой группы, происходит повышение высокочастотных ритмов (а значит, наблюдаются процессы

десинхронизации). В то же время происходит снижение фрактальной размерности при неправильном ответе.

Описанные данные можно объяснить с точки зрения регуляторных компонентов мыслительной активности и энерго-информационных соотношений. Испытуемые с более высокими баллами обладают и более высоким уровнем метакогнитивной регуляции собственных интеллектуальных действий, «экономичнее» тратят умственные ресурсы для решения задачи.

Тренд снижения величины фрактальной размерности у группы с «условно низкими показателями интеллекта» может указывать на несформированность у них системы оценки своего умственного продукта, его «ценности» и соответствия инструкции. Кроме того, данные о различных изменениях для разных заданий позволяют сделать выводы о когнитивной структуре самих заданий и характере ментальных пространств, обеспечивающих «развертывание» концептуальных схем.

В результате данной части исследования успешности понятийных преобразований было показано:

1. Снижение фрактальной размерности ЭЭГ (а, следовательно, процесса синхронизации сигнала ЭЭГ) от начала к концу решения.
2. У испытуемых с «высоким показателем интеллекта» наблюдается снижение активации мозга в процессе решения при успешном ответе и, наоборот, повышение активации при неуспешном ответе.
3. У испытуемых с «низким показателем интеллекта» наблюдается менее значительное повышение активации мозга в процессе решения задания при успешном ответе и снижение активации при неуспешном ответе.
4. Применение метода ЭЭГ перспективно для изучения понятийных преобразований, т.к. позволяет исследовать процессуальную сторону понятийного мышления.
5. Можно предполагать, что именно данные различия сопровождают

эффективность понятийного мышления.

3.3 СОПОСТАВЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ И ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЭЭГ

Результаты работ, в которых были обнаружены изменения активации мозга, продемонстрировали необходимость прицельного измерения сигналов ЭЭГ. Поэтому в настоящей работе нами применялся метод анализа фрактальной размерности ЭЭГ. Наиболее традиционным и популярным способом изучения ЭЭГ является исследование его ритмо-волновых характеристики (Александров Ю. И., 2001; Данилова Н. Н., 1992).

В то же время, для рассмотрения изменений сигналов ЭЭГ оправдано применение анализа фрактальной размерности (D_0), который зарекомендовал себя как перспективный метод в психофизиологии (Accardo and al., 1997; Вассерман Е. Л., с соавт., 2004; Меклер А., А, 2004; Ткачева Л. О., 2011).

В рамках обсуждения полученных результатов кратко обозначим условия анализа фрактальной размерности ЭЭГ.

На рисунке 27 показано соотношение мощностей ЭЭГ в различных частотных диапазонах. Видно, что представленные линии имеют определенный наклон, который отражает преобладание в ЭЭГ высокочастотных и низкочастотных волн в записи.

Соответственно, наклон такого графика будет отражать процессы синхронизации и десинхронизации ЭЭГ, которые, в свою очередь, описывают активацию мозга с точки зрения классических активационных теорий и соотношения ритмов. Как отмечалось выше, процессы синхронизации характеризуются снижением высокочастотных ритмов ЭЭГ (альфа- бета и гамма ритмов) и повышением низкочастотных (дельта- и тета-ритмов).

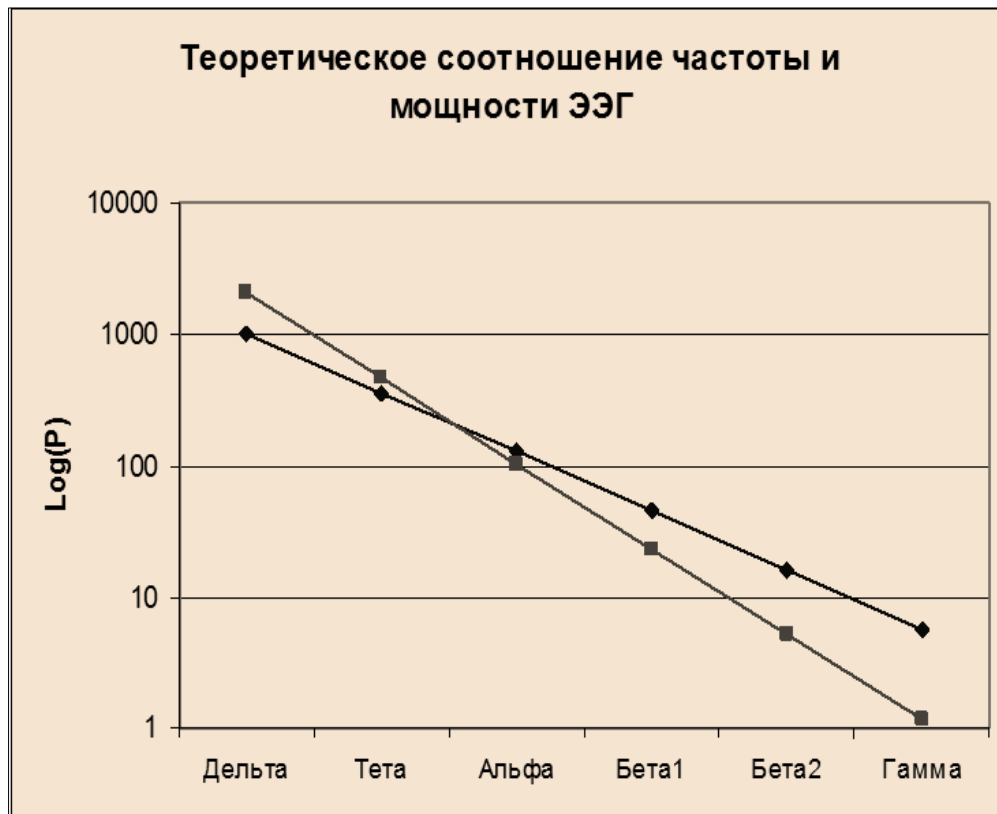


Рисунок 27. Соотношение частоты и мощности сигнала ЭЭГ (теоретическое)

Однако оказывается, что наклон графика также связан с таким коэффициентом, как фрактальная размерность кривой временного ряда. Действительно, один из методов расчета фрактальной размерности (D_0) заключается в использовании именно этого параметра (угла наклона графика спектральной плотности, т.е. распределения мощности сигнала).

Так, для анализа ЭЭГ в психологическом исследовании целесообразно применение не только более традиционного спектрального анализа, но и анализа изменений фрактальной размерности.

В качестве примера применения данного анализа в психологических исследованиях приведем график ЭЭГ (Рисунок 28) в двойном логарифмическом масштабе при просмотре испытуемым вербального текста (Ткачева Л. О., 2011). Как видно, наклон графика спектра четко описывается регрессионной линией, наклон которой, в свою очередь, возможно измерить. Следовательно, фрактальная размерность, с одной стороны, отражает уровень активации ЭЭГ, а с другой, может быть интерпретирована как сложность

динамической системы, организуемой мозговым субстратом. Таким образом, для оценки активации мозга целесообразно использовать этот интегральный показатель, который одновременно отражает сложность динамики функциональных систем мозга и уровень его активации (Хакен Г., 2001; Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С., 1990; Меклер А. А., 2004).

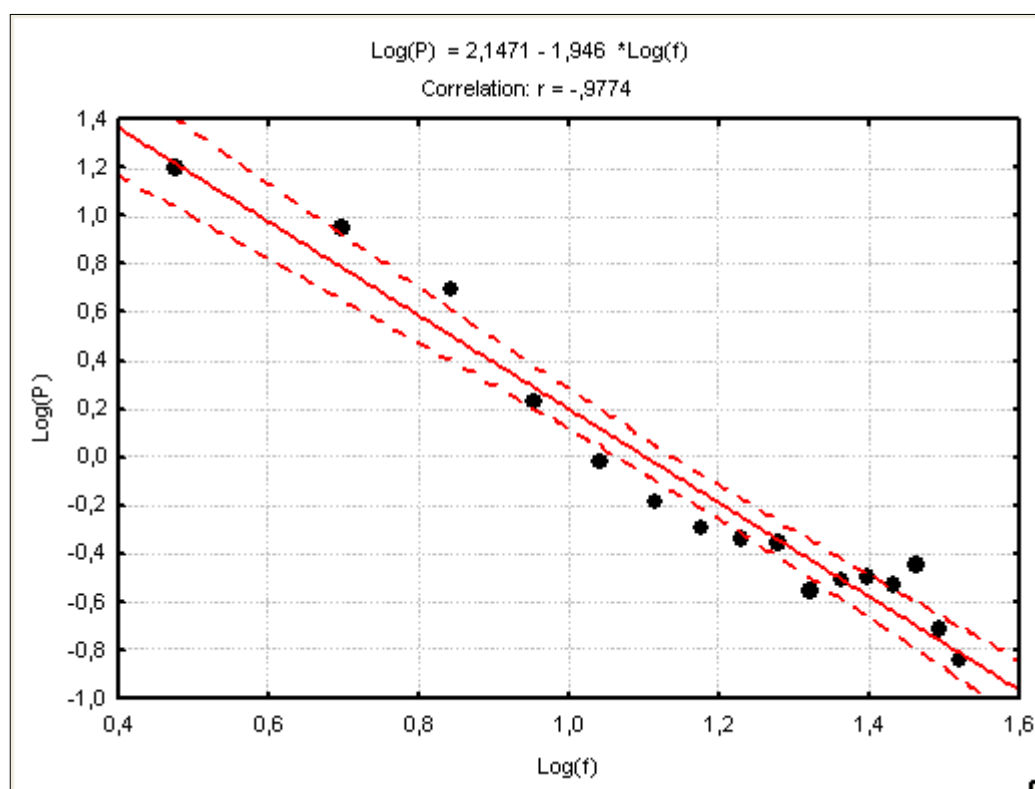


Рисунок 28. График отражения спектральной мощности в двойном логарифмическом масштабе при просмотре вербальных текстов (Ткачева, Л. О., 2011)

Поэтому сравнение данных, полученных при изучении спектральной мощности и фрактальной размерности сигнала ЭЭГ могут являться дополнением друг друга в интерпретации полученных результатов. Как указано выше, характеристики смещений спектра частот ЭЭГ могут рассматриваться с позиций синхронизации и десинхронизации сигнала (где десинхронизированная ЭЭГ состоит в преобладании колебаний в полосах высокой частоты – β и γ , а синхронизированная, наоборот, в низкочастотных

полосах – θ и Δ). С другой стороны, коэффициент фрактальной размерности сигнала ЭЭГ описывает сложность сигнала, вклад в которую вносит возникновение высокочастотной ритмики ЭЭГ (Вассерман Е. Л. с соавт., 2004; Слезин В. Д. с соавт., 2007), следовательно, синхронизированная ЭЭГ соответствует меньшей фрактальной размерности временного ряда, а десинхронизованная ЭЭГ – большей (Меклер А.А., 2004). Следовательно, два используемых метода анализа ЭЭГ могут быть сопоставимы, а их совместное использование позволяет описать изменения активации головного мозга не только с точки зрения ритмо-волновых изменений, но с учетом характера сложности сигнала ЭЭГ.

3.4. ДИНАМИКА АКТИВАЦИИ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ УСПЕШНЫХ И НЕУСПЕШНЫХ РЕШЕНИЯХ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

В данном параграфе описаны наблюдаемые в процессе понятийного мышления вегетативные сдвиги по сравнению с фоновыми показателями функционального состояния вегетативной нервной системы.

При анализе амплитуды КГР получены значимые различия случаев разной успешности ответов. На рисунке 29 показано, что характеристики амплитуды КГР больше при неверном ответе ($p < 0,001$). Поскольку амплитуда кожно-гальванической реакции традиционно в литературе связывается с показателями эмоционального состояния в процессе когнитивной нагрузки (Van den Heuvel E., 2009; Nourbakhsh N. et al, 2012; Durantin G., 2014), можно предположить наличие связи успешности регуляции вегетативного состояния и успешности ответа испытуемого.

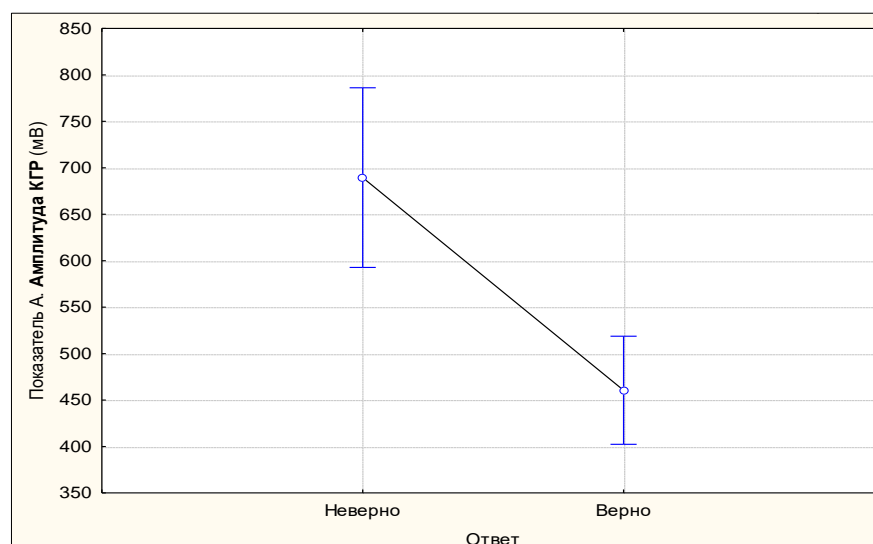


Рисунок 29. Сравнения показателя А (средняя амплитуда КГР в мВ) при различной успешности ответов («верно» и «неверно»). По оси абсцисс показаны два случая ответа (верный и неверный), по оси ординат – показатель амплитуды КГР

Помимо этого, наблюдаются различия в показателях variability сердечного ритма – $R-R$ интервалах (рисунок 30). Можно наблюдать, что по

сравнению с фоновой записью отклонения при неверном (неуспешном) ответе больше. Показатели вариабельности сердечного ритма также связываются в исследованиях с реакцией на субъективно высокую когнитивную нагрузку (Segerstrom et al., 2007; Luque-Casado et al., 2015), что указывает о менее оптимальном состоянии вегетативной нервной системы и переживании большей когнитивной нагрузки испытуемым при неверном решении. При верных ответах отклонение амплитуды КГР от фоновых показателей, напротив, меньше, что может говорить о меньшей вовлеченности в процесс решения базовых в эволюционном плане процессов эмоциональной и вегетативной регуляции ($p < 0,001$).

Полученные данные о состоянии вегетативной нервной системы при различной успешности ответов позволяют предположить, что успешную мыслительную деятельность сопровождает более слаженная активация вегетативной нервной системы, что сочетается с результатами соотношения успешности решения и активации головного мозга.

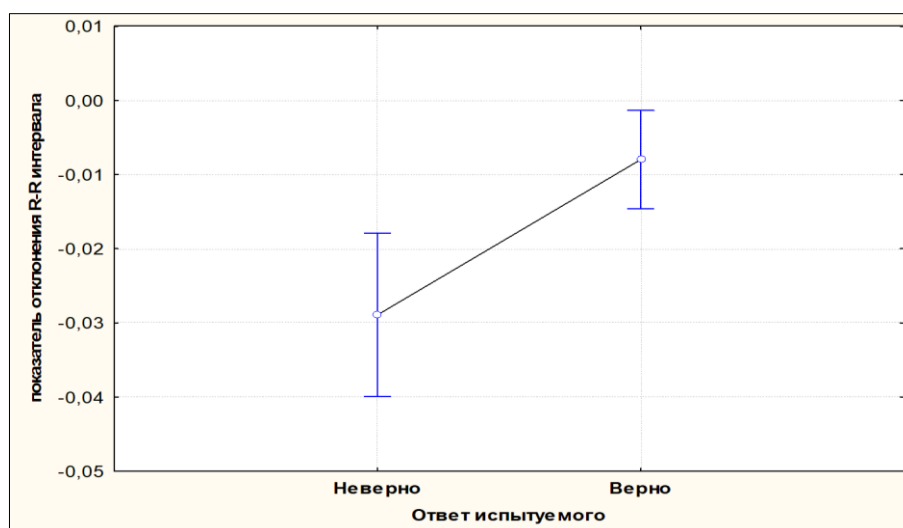


Рисунок 30. Сравнения отклонения R-R интервалов от фонового показателя при различной успешности ответов («верно» и «неверно»). По оси абсцисс показаны два случая ответа (успешный и неуспешный), по оси ординат – показатель отклонения R-R интервала, как индикатора вариабельности сердечного ритма, где нулевая точка – отсутствие отклонения

На рисунке 31 приведено сравнение показателей вегетативной нервной

системы для успешных и неуспешных ответов испытуемых. Видно, что различия присутствуют практически по всем измеренным показателям вариационной пульсометрии (R-R), мощности, длине линии и средней амплитуде КГР, а также по времени решения задач.

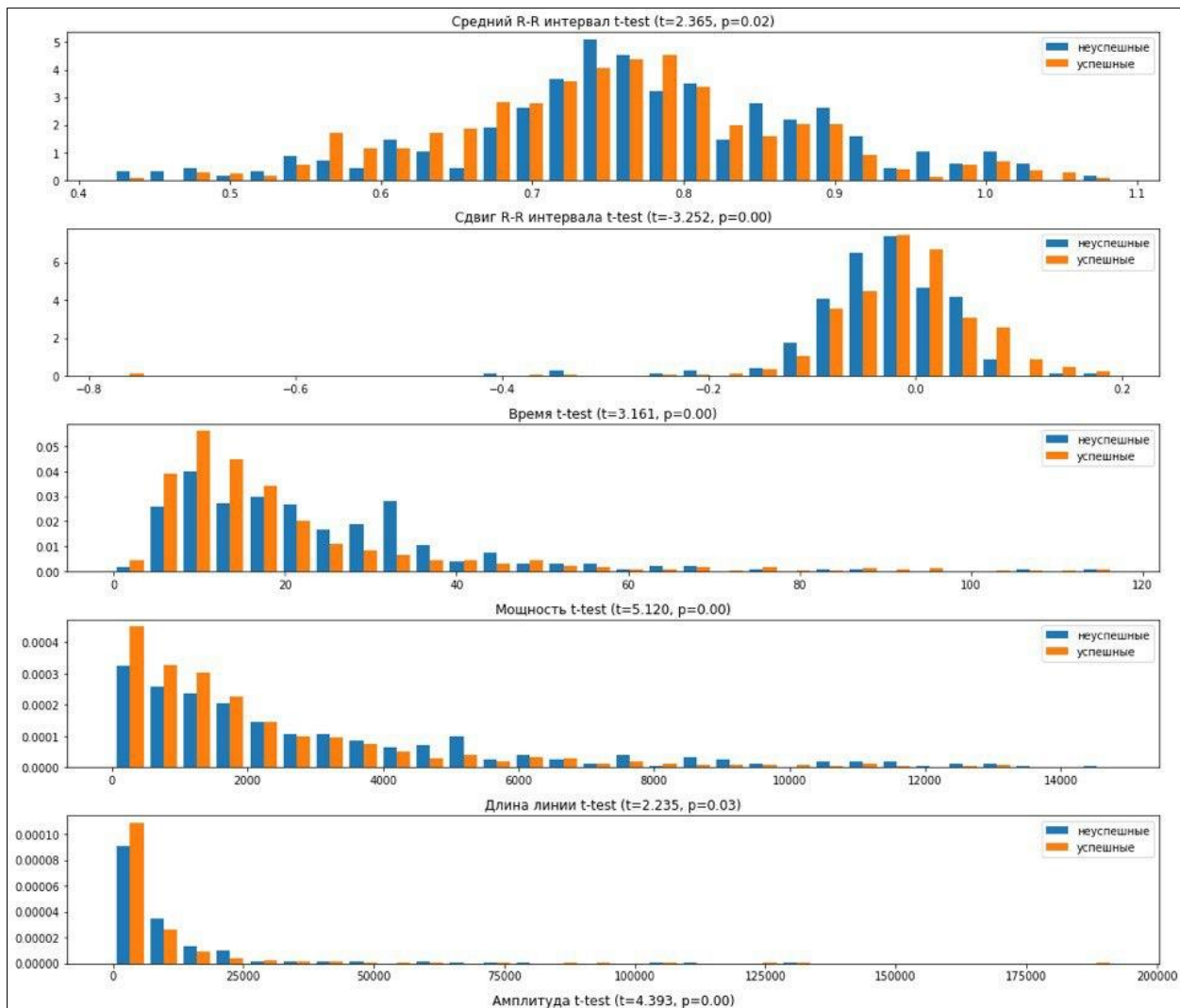


Рисунок 31. Сравнения вегетативных показателей в процессе решения мыслительных задач при успешных и неуспешных ответах испытуемых с указанием t-теста (критерий Стюдента) и p-уровня значимости

3.5. ВЗАИМОСВЯЗЬ УСПЕШНОСТИ РЕШЕНИЯ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ИСПЫТУЕМЫМ С ОЦЕНКОЙ ПОНИМАНИЯ ИМ ИНСТРУКЦИИ К ЗАДАНИЮ

В Таблице 2 демонстрируются данные о корреляционных связях успешности ответов испытуемых и оценки понимания инструкции. Наиболее сильные связи, получены между оценками понимания инструкции до решения

и после решения ($r = 0,695, p < 0,001$), а также между общей успешностью испытуемого и оценкой инструкции после решения ($r = 0,711, p < 0,001$). По нашему мнению, оценка понимания инструкции испытуемым, необходимость оценить её понимание, создаваемая в экспериментальных условиях, взаимосвязана с успешностью решения стимульных задач, поскольку помогает испытуемому уточнить условия мыслительной задачи.

Таблица 2. Корреляционный анализ оценок успешности решения задач и оценок принципа понимания решения задач

	<i>Среднее</i>	<i>Стд. отклонение</i>	Общая оценка	Оценка	До	После
Общая оценка	1,088235	0,781982		0,399687	0,402374	0,711363
Оценка	0,943850	0,753581	0,399687		0,149409	0,333556
До	6,500000	2,202545	0,402374	0,149409		0,695694
После	7,299465	2,029580	0,711363	0,333556	0,695694	

По нашему мнению, данная корреляция указывает на информативность оценки понимания принципа решения задач после решения всех заданий. То есть, показана связь между общей успешностью испытуемого (средним значением) и оценкой им понимания принципа решения задач после их решения. Выполнение заданий включает в себя не только обучение испытуемого и, как следствие, стабилизацию результата, но и понимание самой экспериментальной ситуации, что сочетается с поэтапными изменениями динамики функционального мозга в процессе решения задач, описанными выше.

Здесь наблюдается достаточно высокая корреляция между общей и единичной в задании оценками успешности, а также переменной «После». Корреляция успешности с оценкой понимания принципа задачи после выполнения задач указывает на то, что при выполнении серии задач испытуемому становится более ясна как инструкция, так и задача исследования. Данный вывод можно сделать поскольку используемые нами задачи не предполагают простого поведенческого ответа (как, например, «Go/No-Go»), а сложного понятийного образования, в то время как испытуемые не показывают однозначную стабильность в успешности выполнения задач.

Таблица 3. Факторный анализ общей оценки успешности испытуемых и оценки успешности за каждое из 10 заданий

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
общая	0,70655	0,201061	-0,304293	0,390911
до	0,20486	-0,206168	-0,111122	0,750861
после	0,48585	0,137882	-0,003751	0,775182
задание1	0,55776	0,571896	0,128122	0,355678
задание2	0,88940	0,027978	0,021219	-0,170412
задание3	0,62267	-0,380351	0,141167	0,233524
задание4	0,55266	0,012238	-0,601527	0,120898
задание5	0,52036	0,130645	0,671562	-0,008298
задание6	0,22542	-0,528763	0,129512	0,005552
задание7	0,73649	0,290910	-0,092222	0,215044
задание8	0,05368	0,424724	0,053260	0,508214
задание9	0,19018	0,308600	0,328676	0,538806
задание10	0,25880	0,818098	-0,064951	-0,072430

Далее был проведен факторный анализ (таблица 3) для уточнения взаимосвязи оценок успешности испытуемых в решении задач и оценок понимания принципа решения задач ($p < 0, 01$). В таблице три представлены факторные нагрузки всех изучаемых переменных после варимакс-вращения. Можно отметить, что удалось получить лишь один фактор, в который вошли общая оценка успешности, а также оценки за 2 и 7 задания (из первой части исследования и, соответственно, из второй). Это говорит о связи и

прогностических возможностях общей оценки успешности и динамики решения задач испытуемым в течении серии.

Согласно данным факторного анализа наблюдается неоднородная связь успешности решения вербальных задач испытуемыми. По нашему мнению, это может свидетельствовать о неоднородной успешности в течение экспериментальной ситуации и стадийности процесса взаимодействия испытуемого с инструкцией и задачами, что согласуется с описанными выше психофизиологическими данными.

ГЛАВА 4. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОНЯТИЙНОГО МЫШЛЕНИЯ

В ходе исследования нами были получены показатели психофизиологические показатели успешности понятийного мышления, особенности которых характеризуют эффективность мыслительной деятельности в том соотношении, когда меньшая активация нервной системы, более «экономное» функционирование соответствует большей результативности мышления.

Сопоставление психологических и физиологических показателей как правило характеризуется изучением лишь одного из отделов мозга: коркового, вегетативного или двигательного. Мозговые, вегетативные и двигательные показатели рассматриваются в сравнении как высокие или низкие меры функционирования нервной системы. Однако в эволюционном смысле разные виды активации имеют и различные значения, в особенности при их одновременном проявлении и измерении. Соотношение типов активации может быть рассмотрено с двух позиций: типологизации, что является наиболее популярным подходом в психологии и психофизиологии, и целостно, как соотношение фигуры и фона в психическом отражении.

В работе В.Д. Балина «Психическое отражение» дается описание данного вопроса (Балин В. Д., 2001). Исследования показателей функционирования нервной системы проводятся с целью получить общие закономерности активации нервных центров, с другой стороны, преследуют цель поиска психологических коррелятов изменения физиологических показателей. Делать выводы о связи психологических показателей и физиологических по одному параметру (например, ЭЭГ или ВП) можно, описывая лишь часть исследуемого явления, поскольку это не дает целостной физиологической картины. Разнонаправленные связи психологических факторов с физиологическими показателями довольно трудны для интерпретации, отсюда возникает сложность «перевода» психологических феноменов на физиологические процессы.

С этой точки зрения общая теория активации Д. Линдсли и Д. Хебба критиковалась Д. Леси, и вместо неё была предложена концепция «направленного фракционирования» (Балин В. Д., 2001), где речь идет о том, что разные компоненты активации могут иметь разную «направленность», а значит, мозговая, вегетативная и двигательная активации дополняют друг друга и не могут быть тождественны. Они описывают разные грани одного исследуемого феномена

Так, например, в концепции И Т. Курцина говорится о трех компонентах морфофункциональной структуры головного мозга высших млекопитающих. Курцин отмечает, что «несмотря на то, что кора больших полушарий вместе с инфракортикальными образованиями функционирует как единое целое, в ней можно выделить три группы мозговых центров со строго обособленными специфическими функциями: 1. Психический мозг. 2. Соматический мозг. 3. Висцеральный мозг» (цит. по: Балин В. Д., 2001). В. Д. Балин обсуждает проблему соотношения трех отделов нервной системы и возможного существования индекса их соотношения. Представляется, что развитие исследование в сторону изучения активации разных отделов нервной системы более полно могло характеризовать изучаемые психологические феномены в их физиологическом основании. Такой подход для задачи классификации психических явлений позволяет рассматривать индивида в интегральном аспекте. В.Д. Балин предлагает восемь типов сочетаний активации разных отделов мозга, каждый из которых имеет свое сочетание психологических черт, описывая основание для классификации следующим образом: «в качестве основания классификации следует брать некоторое интегральное свойство индивида [...] Отсюда возникает возможность представлять любой физиологический показатель расположенным в трехмерном пространстве. При этом одна его ось соответствует активации центральной нервной системы, другая связана с вегетативной активацией, а третья – с поведенческой. В этом случае общая активация нервной системы может быть охарактеризована длиной отрезка в трехмерном пространстве, проекции которого на три оси

характеризуют активацию центральной, вегетативной и двигательной нервной системы. Таким образом, мы решили воспользоваться «естественным» критерием для измерения характеристик человека с последующей их классификацией. Этот критерий — принадлежность каждого конкретного параметра к одному из трех отделов нервной системы – центральной (психической), соматической и вегетативной. При этом предполагается, что у каждого индивида свое соотношение выраженности не только активации трех отделов нервной системы, но и трех сфер психического: эндо-, мезо- и экзопсихики. Кроме того, за каждым отделом нервной системы стоит своя поведенческая программа, связанная с питанием, продлением рода и поиском приемлемых форм поведения» (Балин В.Д., 2001: с. 345-346).

Упомянутое выше соотношение фигуры и фона в психическом отражении можно трактовать применительно к полученному нами соотношению корковой и вегетативной активаций в понятийном мышлении как отношения «сигнала» и «шума» (Ломов Б. Ф., 1966; Джонс М. Х., 2006). Проблема поиска связей и закономерностей является сложной деятельностью, поэтому взаимодействие с задачей неизменно проходит через «шум». В отечественной инженерной психологии подобное соотношение рассматривалось в рамках проблемы наблюдателя, где есть необходимость поддерживать в оптимальном диапазоне так называемые «рабочие характеристики приемника» в отношениях сигнала и «внутреннего шума» (Ломов Б. Ф., 1966).

Полученный нами материал позволяет нам использовать данные понятия для описания решения мыслительных задач. В нашей модели переработку полезного сигнала можно связать с деятельностью коры, а вегетативную активацию можно рассматривать как шум. Тогда должна существовать зона оптимального сочетаний вегетативной и корковой активации для успешного решения задач.

Для сопоставления корковых и вегетативных показателей, нами был вычислен индекс альфа-ритма и ЧСС для двух групп испытуемых в состоянии

покоя и во время мыслительной деятельности (Приложение 1 и 2; Балин В. Д., 2001).

После шкалирования показателей можно видеть, как распределяются индивидуальные значения корковой (по индексу альфа-ритма) и вегетативной активации (ЧСС) в состоянии покоя у успешных и неуспешных испытуемых. На рисунке 32 видно, что у успешных испытуемых распределение индивидуальных значений вегетативных и корковых показателей иное, нежели у неуспешных. При этом успешные испытуемые имеют меньшие значения, а вегетативные — большие значения. Полученную закономерность можно объяснить так, что при решении мыслительных задач повышенная вегетативная активация является препятствием к их решению.

Полученная закономерность проявилась для испытуемых и в условиях решения задач: неуспешные испытуемые отвечают на предъявляемое задание повышением вегетативной активации, что усиливает их неадекватность относительно предъявляемого задания (рисунок 33).

Таким образом, можно предположить, что существует зона эффективного сочетания вегетативной и ЭЭГ-активации, изучение которой является перспективной задачей уточнения психофизиологических показателей эффективности мыслительной деятельности. Находящиеся в зоне оптимального сочетания мозговой и вегетативной активации испытуемые, выполняют работу наиболее успешно, что видно на приведенных соотношениях ЭЭГ и вегетативных показателей. Из этого следует, что существуют зоны оптимальности состояния субъекта, для которых характерно наиболее эффективное решение заданий. Наиболее эффективно в терминах энерго-информационных характеристик означает наиболее экономичное использование имеющихся ресурсов.

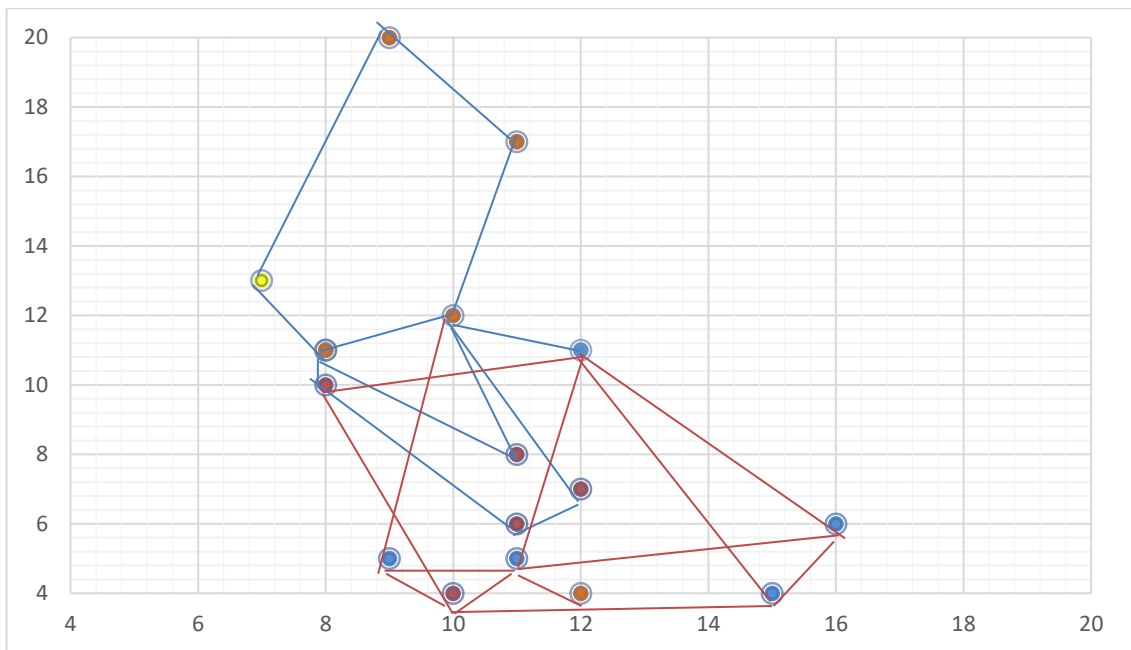


Рисунок 33. Соотношения шкалированных показателей выраженности альфа-индекса (по оси ординат) и ЧСС (по оси абсцисс) во время мыслительной деятельности. Синим цветом отображены показатели наиболее успешных испытуемых, красным – неуспешных

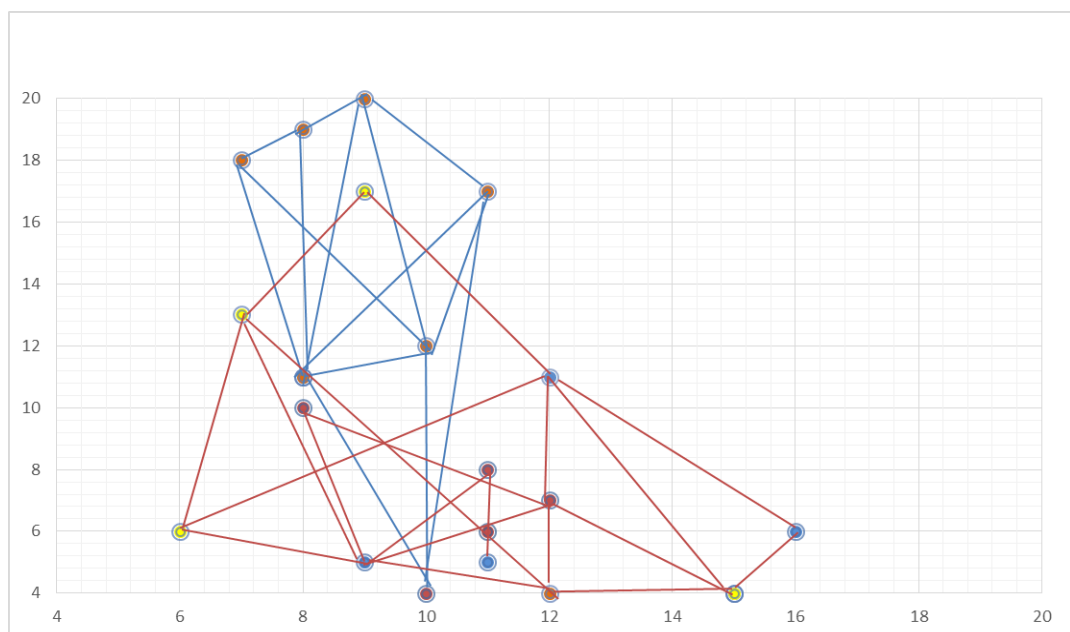


Рисунок 34. Соотношения шкалированных показателей выраженности альфа-индекса (по оси ординат) и ЧСС (по оси абсцисс) в фоновых показателях. Синим цветом отображены показатели наиболее успешных испытуемых, красным – неуспешных

ВЫВОДЫ

1. Психологические показатели успешности понятийного мышления связаны с особенностями динамики психофизиологических показателей в процессе мышления таким образом, что при успешных ответах наблюдается сравнительно меньшая активация головного мозга и вегетативной нервной системы, а при неуспешных – наоборот, большая.

2. Психофизиологические показатели активации мозга в процессе понятийного мышления характеризуются, по крайней мере, двумя стадиями: а) начальная стадия, для которой характерна большая активация (наблюдаемая в десинхронизации и более высокой сложности сигнала ЭЭГ), что связано со взаимодействием с поступающей задачей; б) стабилизирующая стадия, где происходит относительное снижение данных показателей и, следовательно, уровня активации мозга, что связано с внутренней переработкой информации и формулированием ответа. Данные стадии составляют эффективное протекание понятийного мышления.

3. Динамика функционального состояния мозга у испытуемых с разным уровнем интеллекта различается в случае разной успешности ответов. Для испытуемых с наиболее высоким интеллектом характерны наиболее низкие показатели сложности сигнала ЭЭГ при успешном ответе, и более высокие, при неуспешном. Напротив, для менее интеллектуально успешных испытуемых наблюдается инверсия, где при успешном ответе сложность сигнала ЭЭГ сравнительно выше, чем при неуспешном. Полученная закономерность описывает соотношения психофизиологических показателей эффективности процесса понятийного мышления.

4. Существует связь между степенью понимания инструкции испытуемым и психологическими показателями успешности понятийного мышления, где дополнительная задача субъективной оценки понимания инструкции до и после решения основной задачи коррелирует с правильностью ответов в задачах с преобразованием понятий.

5. Изменения функциональных показателей вегетативной нервной системы (вариабельности сердечного ритма и кожно-гальванической реакции) в процессе мыслительной деятельности относительно состояния покоя различается в случаях успешного и неуспешного ответа. Так, успешные ответы сопровождаются меньшими вегетативными сдвигами, чем неуспешные, что опосредует наибольшую эффективность понятийного мышления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе были представлены результаты психофизиологического исследования центральной и вегетативной активаций в их связи с успешностью понятийного мышления. Для описания соотношения психофизиологических показателей в процессе мыслительной деятельности с уровнем её успешности используется термин «эффективность». Эффективность понятийного мышления рассматривается как связь продуктивности понятийных преобразований и сравнительного уменьшения церебральной и вегетативной активаций, определяемых с помощью спектрального и фрактального анализов сигнала ЭЭГ, изучения variability сердечного ритма и характеристик кожно-гальванической реакции.

Полученные результаты позволяют охарактеризовать психофизиологические особенности процесса мышления, а также заключить, что психофизиологические показатели эффективности понятийного мышления состоят в сравнительно меньшей активации головного мозга и вегетативной нервной системы при большей успешности мыслительной деятельности.

Представленные в диссертации данные позволяют рассматривать психофизиологические показатели понятийного мышления, во-первых, с позиций информационно-энергетических характеристик психической деятельности, уточняя базовые психофизиологические механизмы мышления, во-вторых, в русле современных взглядов на соотношения процессов активации головного мозга и интеллектуальной успешности, которые описываются в рамках гипотезы нейроэффективности.

Перспективным видится дальнейшее уточнение полученных закономерностей с привлечением клинических групп, характеризующихся когнитивными дефицитами, а также расширение возрастного диапазона исследуемых выборок, что позволило бы выявить не только дифференциально-психологические, но и медикопсихологические и

онтогенетические аспекты проявления эффективности понятийного мышления.

В заключение необходимо отметить, что исследования физиологических основ сложной когнитивной деятельности, которой является понятийное мышление, позволяет приблизиться к пониманию природы индивидуальных различий в уровне интеллекта.

Кроме того, знания об особенностях протекания мыслительных операций с понятиями могут внести вклад в разработку новых образовательных систем и программ развития уровня мышления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Ю.И Психофизиология. СПб: Питер, 2001. 496 с.
2. Ананьев Б.Г. О проблемах современного человекознания. СПб.: Питер, 2001. 272 с.
3. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. 448 с.
4. Бабаева Ю.Д., Ротова Н.А., Сабadoш П.А. Детерминанты выполнения теста интеллекта в условиях ограничения времени // Психологические исследования. 2012. Т. 5, № 25. С. 4
5. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М, Наука, 1984. С. 220
6. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001,3, с. 106 -127
7. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Вестник ХНУ им. В.Н. Каразина. Серия Медицина.. 2003. №5 (581).
8. Балин В.Д. Системный анализ электрофизиологических показателей эффективности умственного труда: дисс. ... канд. псих. наук: СПб., 1980. 251 с.
9. Балин В.Д. Психическое отражение: элементы теоретической психологии. СПб.: Изд-во С.-Петербур. гос. ун-та, 2001. 328 с.
10. Балин В. Д. Введение в теоретическую психологию. СПб.: Изд-во. С.-Петербур. ун-та, 2012. 232 с.

- 11.Балин В.Д. Теоретическая психология: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. М.: Изд-во «Юрайт», 2017. 240 с.
- 12.Белов Д.Р., Кануников И.Е. Исследование формы волн спонтанной ЭЭГ в разных условиях умственной деятельности // Физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 1993. № 7 (79). С.20 -28
- 13.Бехтерев В. М. Психика и жизнь. М.: Книжный Клуб Книговек, 2012. 592 с.
- 14.Брунер Дж. Психология познания. За пределами непосредственной информации. М.: Прогресс, 1977. 413 с.
- 15.Брушлинский А.В. Проблемы психологии субъекта. — М.: Институт психологии РАН, 1994. 109 с.
- 16.Брушлинский А. В., Сергиенко Е. А. Ментальная репрезентация: динамика и структура. М.: Институт психологии РАН, 1998. 320 с.
- 17.Бокерия Л. А., Бокерия О. Л., Волковская И. В. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование // Анналы аритмологии. 2009. Т. 6. № 4. С. 21-32
- 18.Варламов В.А. Детектор лжи. М., 2004. 352 с.
- 19.Вассерман Л.И., Щелкова О.Ю., Дубинина Е.А. Медицинская психодиагностика: современная методология исследования и интеграционные процессы в психологии и медицине//Медицинская психология в России: электрон. науч. журн. 2014. №4 (27) .
20. Вассерман Е.Л. Методические аспекты цифровой электроэнцефалографии: пособие для врачей. Санкт-Петербург, 2002.
- 21.Вассерман Е.Л., Карташев Н.К., Полонников Р.И. Фрактальная динамика электрической активности мозга. Санкт-Петербург, 2004
- 22.Веккер Л.М., Палей И.М. Информация и энергия в психическом отражении // Экспериментальная и прикладная психология. Л., 1971. Вып. 8. С.61-66

23. Веккер Л. М., Палей И. М. О соотношении информационных и энергетических характеристик в нервно-психической деятельности // Материалы совещания по методологическим проблемам кибернетики. М., 1971. – С. 34-41
24. Веккер Л. М. Психические процессы. Т. 2. Мышление и интеллект. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1976. – 342 с.
25. Веккер Л. М. Психика и реальность. Единая теория психических процессов. М.: Смысл, 1998. – 685 с.
26. Величковский Б. М. Когнитивная психология. Т. 2. - М.: Академия, 2006. 432 с.
27. Вертгеймер М. Продуктивное мышление. М.: Прогресс, 1987. 336 с.
28. Вуджек Т. Тренировка ума. – СПб.: Питер. – 129 с.
29. Выготский Л. С. Собрание сочинений: В 6-ти т. / Т. 2. Проблемы общей психологии / Под ред. В. В. Давыдова. М.: Педагогика, 1982. 504 с.
30. Выготский Л. С. Мышление и речь. М.: Издательство «Лабиринт», 1999. 352 с.
31. Гельфман Э. Г., Холодная М. А. Психодидактика школьного учебника. Интеллектуальное воспитание учащихся. СПб: Питер, 2006. 384 с.
32. Гиренок Ф. И. Метафизика пата (косноязычие усталого человека). М.: Лабиринт, 1995. 201 с.
33. Гиппенрейтер Ю. Б., Спиридонов В. А., Фаликман М. В. Психология мышления. М.: АСТ, Астрель, 2008. 672 с.
34. Голованова И. В., Щербакова О. В., Горбунов И. А. Использование методики «Решение метаграмм» в психофизиологическом исследовании // Психология XXI века: академическое прошлое и будущее: Материалы международной научной конференции молодых ученых, 20–23 апреля 2015 года СПб: Скифия-принт. С. 44-46

35. Гусельников В.И. Электрофизиология головного мозга (курс лекций). М.: Высшая школа, 1976. 423 с.
36. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. М.: Изд-во МГУ, 1992. 192 с.
37. Данько С.Г., Старченко М.Г., Бехтерева Н.П. Локальная и пространственная синхронизация ЭЭГ при выполнении теста на инсайтную стратегию решения творческих вербальных задач. // Физиология человека. 2003. №29 (4) С. 129–132.
38. Джонс М.Х., Электроника — практический курс. Москва: Техносфера, 2006. 512 с.
39. Дикая Л.А. Психофизиология мыслительной деятельности: Учебное пособие. Ростов-на-Дону, 2008. 30 с.
40. Дикая Л.А., Немерова И.О., Шандра Н.С. Методы психофизиологии: Учебно-методическое пособие. Ростов-на-Дону, 2008. 40 с.
41. Дружинин В.Н. Экспериментальная психология. СПб.: Питер, 2008. 320 с.
42. Дружинина С. В. Интеллект, креативность и личностные свойства как факторы реальных достижений: Дисс. ... канд. психол. наук. М.: ИП РАН, 2016.
43. Дункер К. Структура и динамика процессов решения задач (о процессах решения практических проблем) // Хрестоматия по общей психологии. Психология мышления / Под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер, В. В. Петухова. М.: Изд-во МГУ, 1981. С. 258-268
44. Залевская А.А. Введение в психолингвистику. М.: Российский государственный гуманитарный университет, 1999. 382 с.
45. Зейгарник Б. В. Патопсихология. М.: Издательство Московского университета, 1986. 287 с.

- 46.Зенков Л.Р. Клиническая энцефалография (с элементами эпилептологии). М.: МЕДпресс-информ, 2004. 368 с.
- 47.Зорина З. А., Полетаева И. И. Зоопсихология. Элементарное мышление животных. М.: Аспект Пресс, 2001. 320 с.
48. Зорина З.А. Возможность диалога между человеком и человекообразной обезьяной // Разумное поведение и язык. Вып. 1. Коммуникативные системы животных и язык человека. Проблема происхождения языка / Сост. А.Д. Кошелев, Т.В. Черниговская. - М.: Языки славянских культур. – 2008. С. 135 - 172
- 49.Иваницкий А. М., Подклетнова И.М., Таратынова Г.В. Исследования динамики внутрикоркового взаимодействия в процессе мыслительной деятельности // Журн. Высш. Нерв. Деят., 1990. Т. 40. № 2. С. 230
- 50.Иваницкий А.М., Ильюченко И.Р. Картирование биопотенциалов при решении вербальной задачи // Журн. Высш. Нерв. Деят., 1992.Т. 42. № 4. С. 625
- 51.Ильин Е. П. Дифференциальная психофизиология. СПб.: Питер, 2001. 464 с.
- 52.Кавшбая Н.А., Кануников И.Е., Белов Д.Р., Ноздрачев А.Д. Отрицательная корреляция между зрительно – пространственными и вербально-логическими способностями: взаимосвязь с функциональной асимметрией полушарий // Доклады академии наук. 1996. Т. 247 №2. С. 271 -274
- 53.Каменская В. Г., Томанов Л.Г. Психофизиология развития интеллекта. Теоретические и экспериментальные исследования. Елец: Изд-во ЕГУ, 2008. 256 с.
54. Келер В. Некоторые задачи гештальтпсихологии / Хрестоматия по истории психологии. под ред. П.Я.Гальперина, А.Н.Ждан. М., 1980. С. 102-112

55. Корнилова, Т.В. Экспериментальная психология. М.: Аспект Пресс, 2002. 381 с.
56. Кослин С. Мысленные образы // Когнитивная психология: история и современность. Хрестоматия / Под ред. М. Фаликман и В. Спиридонова. М., 2011. С.288-292
57. Кропотов Ю.Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия. Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2010. 512 с.
58. Кубрякова Е.С. Краткий словарь когнитивных терминов. М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1997. 245 с.
59. Лебедева Г. Г. Мышление при параноидной шизофрении и шизотипическом расстройстве: сравнительное исследование // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Психология. 2015. Сер. 8. № 2. С. 34-42
60. Левин, К. Динамическая психология. М.: Смысл, 2001. – 356 с.
61. Ломов, Б.Ф. Человек и техника: Очерки инженерной психологии. Москва : Советское радио, 1966. – 464 с
62. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Введение в синергетику. — М.: «Наука», 1990. – 280 с.
63. Лурия А.Р. Мозг человека и психические процессы. Т. 2. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1970. 494 с.
64. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 384 с.
65. Лурия, А. Р. Лекции по общей психологии — СПб: Питер, 2006. — 320 с.

66. Марютина Т.М., Ермолаев О.Ю. Введение в психофизиологию. Москва: Флинта: МПСИ, 2002. 400 с.
67. Маслова В.А. Когнитивная лингвистика. М.: ТетраСистемс, 2008. 272 с.
68. Меклер А.А. Применение аппарата нелинейного анализа динамических систем для обработки сигналов ЭЭГ // Актуальные проблемы современной математики: ученые записки. Санкт-Петербург, 2004, Т. 13. Вып. 2. С. 112 – 140.
69. Меклер А. А. Обработка ЭЭГ методами фрактального анализа // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2004. Т. 90 №8. С. 77
70. Мухордова О.Е., Шрейбер Т.В. Прогрессивные матрицы Равена: методические рекомендации. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2011. 70с.
71. Одёрышев Б.С. Активированность нервной системы. Глава VI. // В сб. Психодиагностические методы (в комплексном лонгитюдном исследовании студентов), Л.: ЛГУ / Под.ред. А.А.Бодалева, М.Д.Дворяшиной и И.М.Палея, 1976. С. 95-111.
72. Осорина М. В. Экспериментальное исследование образных структур на разных уровнях мыслительной деятельности: Дисс. ... канд. психол. наук. Л.: ЛГУ, 1976.
73. Осорина М.В., Щербакова О.В., Аванесян М.О. Проблема метакогнитивной регуляции: нормативные требования и непродуктивные паттерны интеллектуальной деятельности // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 12. Психология. Педагогика. Социология. – 2011. - Вып. 2. С. 32 – 43.
74. Панов В. И. Психодидактика образовательных систем: теория и практика. СПб: Питер, 2007. 352 с.

75. Петров М.В., Колчев А.И., Ершов Б.Б., Гвоздецкий А.Н., Голованова И.В., Даева Н.А. Взаимосвязь редукции негативности рассогласования и когнитивного дефицита при параноидной шизофрении // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Психология. Педагогика. 2017. Т. 7. Вып. 1. С.91-103.
76. Пиаже Ж. Психология интеллекта. СПб: Питер, 2003. 192 с.
77. Поликанова, И.С. Психофизиологические детерминанты развития утомления при когнитивной нагрузке. Дисс. ... канд психол. наук. М. 2013. 246 с.
78. Поэтический словарь. / Под ред. Квятковского А. П. — М.: Советская Энциклопедия, 1966. — 367 с.
79. Поляков Ю.Ф. Патология познавательной деятельности при шизофрении. М.: Медицина, 1974. 86 с.
80. Равен Дж. К., Корт Дж., Равен Дж. Стандартные прогрессивные матрицы. Руководство. М.: CogitoCentre, 2012. 144 с.
81. Разумникова, О.М. Способы определения креативности. Новосибирск, 2002. — 35 с.
82. Разумникова О.М. Частотно-пространственная организация активности коры мозга при конвергентном и дивергентном мышлении в зависимости от фактора пола. Анализ мощности ЭЭГ // Физиол. человека. 2004. №5. С.28-38.
83. Разумникова О.М., Вольф Н.В., Тарасова И.В. Влияние мотивации на изменение мощности биопотенциалов коры головного мозга при выполнении образных и вербальных творческих заданий // Журн. высш. нервн. деят. 2007. Т. 57. № 4. С. 472 - 480

84. Резникова Ж.И., Рябко Б.Я. Экспериментальные исследования способности муравьев к сложению и вычитанию небольших чисел // Журнал высшей нервной деятельности. 1999. Т. 49 № 1. С. 12 - 21.
85. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. СПб.: Питер, 2007. 720 с.
86. Семеновских Т.В. Феномен «клипового мышления» в образовательной вузовской среде // Интернет-журнал «Науковедение». Вып. 5 (24). 2014.
87. Скребцова Т.Г. Когнитивная лингвистика. Курс лекций. СПб.: Филологический факультет, 2011. 256 с.
88. Слезин В.Б., Коцюбинский А.П., Бутома Б.Г. и др. Междисциплинарный подход к исследованию шизотипического расстройства и прогрессивных форм шизофрении. Обзор психиатрии и медицинской психологии им. В.М. Бехтерева 2007; 2: 18-21.
89. Спиридонов В.Ф. Психология мышления: Решение задач и проблем. М.: Генезис, 2006. 319 с.
90. Стернин И.А., Попова З.Д. Когнитивная лингвистика. М: АСТ; Восток-Запад, 2007. 315 с.
91. Страбахина Т.Н. О соотношении структурных, операциональных и энергетических характеристик мыслительных процессов: Автореф. дисс. канд.психол.наук: 19.00.01: Ленинград, 1980. 19 с.
92. Солсо Р. Когнитивная психология / Пер.с англ. - 6-е изд. - СПб.: Питер, 2006. - 589 с.
93. Суходоев В.В. Анализ шкал, применяемых для измерений кожно-гальванических реакций человека./ Физиология человека. 1992. Т.18. N 1, С. 56 - 63.
94. Суходоев В.В. Определение состояний напряженности по динамике параметров кожно-гальванических реакций / Методики диагностики

- психических состояний и анализа деятельности человека. М., 1994, С. 181-199.
95. Суходоев В. В. Методическое обеспечение измерений анализа и применения параметров кожно-гальванических реакций человека // Проблемность в профессиональной деятельности : теория и метод психологического анализа . ИП РАН 1999. С. 303-353.
96. Тарасова И.В., Разумникова О.М., Вольф Н.В. Связь изменений мощности ЭЭГ с инструкцией, стимулирующей творческое мышление у мужчин и женщин // Журн. высш. нервн. деятельности. 2006. Т. 56 № 2 С. 611- 617
97. Тихомиров О. К. Психология мышления. М.: Академия, 2005. 288 с.
98. Ткачева Л.О. Психофизиологические показатели осознания смысла визуально предъявляемых текстов: Автореф. дисс. канд. психол. наук: 19.00.02: СПб., 2011. -20 с.
99. Трифонова А.В. Понятийные способности как основа индивидуального интеллектуального ресурса: Дисс. ... канд. психол. наук, Москва, 2015. 146 с.
100. Ухтомский А.А. Доминанта. СПб.: Питер, 2002. 448с.
101. Ушаков Д.В. Психология интеллекта и одаренности. М.: Издательство «Институт психологии РАН», 2011. 464 с.
102. Фресс П., Пиаже Ж. Экспериментальная психология. Вып. IV. Научение и память. М.: Прогресс, 1973. 344 с.
103. Хазова С.А. Ментальные ресурсы субъекта в разные возрастные периоды. Дисс. ... д-ра психол. наук. М.: Москва, 2014. 540 с.
104. Хакен Г. Принципы работы головного мозга: Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивности деятельности. — М.: ПЕР СЭ, 2001. 351 с.
105. Холодная М.А. Интегральные структуры понятийного мышления. - Томск: Изд-во Томского ун-та, 1983. 190 с.

106. Холодная М. А. Психология интеллекта. Парадоксы исследования. – СПб.: Питер, 2002. – 246 с.
107. Холодная М.А. Когнитивные стили. О природе индивидуального ума. СПб.: Питер, 2004. 384 с.
108. Холодная М.А., Алексапольский А.А. Интеллектуальные способности и стратегии совладания // Психологический журнал, 2010. Том 31. № 4. С. 59-68
109. Холодная М.А. Психология понятийного мышления: От концептуальных структур к понятийным способностям. – М.: Институт психологии РАН, 2012 – 288 с.
110. Холодная М.А., Щербакова О.В., Горбунов И.А., Голованова И.В., Паповян М.И. Информационно-энергетические характеристики различных типов когнитивной деятельности // Психологический журнал. - 2013. - Т. 34, № 5. С. 96-10
111. Худяков А.И. Экспериментальная психология в схемах и комментариях. СПб.: 2008. 320 с.
112. Чередникова Т.В. Информационная модель мышления Л.М. Веккера в исследованиях расстройств мышления при шизофрении методом факторного анализа // Психол. исслед.: электрон. науч. журн. 2011. № 3 (17). С. 2.
113. Чередникова Т.В. Аналитический обзор отечественных теорий нарушений мышления при шизофрении // Социальная и клиническая психиатрия. 2014. Т. 24. Вып. 2. С. 85-90.
114. Чернышев Е.Г., Чернышева Б.В. Практические занятия по прикладной психофизиологии. М. 2010. 52 с.
115. Чумак О. В. Энтропии и фракталы в анализе данных. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. 164 с.

116. Швырков В.Б. Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики. Москва: Институт психологии РАН, 1995. 164 с
117. Шеховцова Л.Ф. Влияние динамики энергетических затрат на успешность интеллектуальной деятельности в условиях эмоциональной напряженности // Психологический журнал. 1987. Т. 8. № 5. С.101-111
118. Шорохов Е.В. Основные направления исследований мышления в капиталистических странах / АН СССР, Ин-т философии. М.: Наука, 1966. 300 с.
119. Щербакова О.В. Когнитивные механизмы понимания комического: Дисс. канд. психол. наук: 19.00.01: СПб, 2009. – 234 с.
120. Щербакова О. В., Осорина, М. В. Юмористический компонент как фактор повышения сложности интеллектуальных задач (на примере теста Д. Векслера) // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2009. Сер. 12. Вып. 1 – С. 108-115
121. Щербакова О.В., Голованова И.В. Исследовательский потенциал методики «Противоположные суждения»// Психология XXI века: Мат-лы междунар. науч. -практич. конференции молодых ученых 21 - 23 апреля 2013 года. Санкт-Петербург / Под. науч. ред. Березовской Р.Г. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2013. С.118-120
122. Юдицкий В.А. Психолого-педагогические проблемы личности и общества. Материалы Международной научно-практической конференции (20 февраля 2014 года). Днепропетровск: Середняк Т.К., 2014. С.226-228.
123. Ясюкова Л.А. Закономерности развития понятийного мышления и его роль в обучении. СПб: ГП ИМАТОН, 2005. – 256 с.
124. Ясюкова Л.А. Проблемы психологии понятийного мышления // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2010. Сер. 12. Вып. 3 – С. 385-394

125. Accardo A., Affinito M., Carrozzi M., Bouquet F. Use of the fractal dimension for the analysis of electroencephalographic time series" *Biol. Cybern.*, vol. 77, pp. 339-50, 1997
126. Anokhin A.P., Lutzenberger W, Birbauter N. Spatiotemporal organization of brain dynamics and intelligence: an EEG study in adolescents // *Int. J. Psychol.*, 1999. 51. P. 23-41.
127. Basten U., Stelzel, C., Fiebach, C. J. Intelligence is differentially related to neural effort in the task-positive and the task-negative brain network // *Intelligence*. 2013. 41. P. 517-528.
128. Beeman M. J., Bowden E. M. The right hemisphere maintains solution – related activation processes for yet-to-be-solved problems // *Mem. Cogn.* 2002. Vol. 28 (7) P. 1231-1241
129. Bowden E.M., Jung-Beeman M. Normative data for 144 compound remote associate problems // *PloS Biol.* 2003. Vol.35 (4). P. 634-639
130. Causse M., Chua Z., Peysakhovich V., Del Campo N., Matton N. Mental workload and neural efficiency quantified in the prefrontal cortex using fNIRS // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7 (1). P. 5222
131. Carlsson I., Wendt P. E., Risberg J. On the neurobiology of creativity. Differences in frontal activity between high and low creative subject // *Neuropsychologia*. – 2000. – Vol. 38 (6). – P. 873 – 885
132. Chwilla D.J., Kolk H.H., Mulder G. Mediated Priming in the Lexical Decision Task: Evidence from Event-Related Potentials and Reaction Time // *J. Mem. Lang.* 2000. V. 42. № 3. P. 314-341.
133. Costanzo M.E., Van Meter J.W., Janelle C.M., Braun A., Miller M.W., Oldham J., Russell B.A., Hatfield B.D. Neural Efficiency in Expert Cognitive-Motor Performers During Affective Challenge // *J. Mot Behav.* 2016. 48(6) P. 573-588.

134. Doppelmayr M., Klimesch W., Stadler W., Pollhuber D., Heine C. EEG alpha power and intelligence // *Intelligence*. 2002. 30. P. 289-302.
135. Dunst B., Benedek M., Jauk E., Bergner S., Koschutnig K., Sommer M. et al. Neural efficiency as a function of task demands // *Intelligence*. 2014. 42. P. 22-30
136. Durantin G., Gagnon, J.-F., Tremblay, S., Dehais, F. Using near infrared spectroscopy and heart rate variability to detect mental overload // *Behavioural brain research*. 2014. 259. P. 16–23.
137. Fauconnier G. *Mental spaces: aspects of meaning construction in natural language*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1994 395 c.
138. Fauconnier G., Turner M. *The way we think: Conceptual blending and the mind’s hidden complexities*. N. Y.: Basic Books, 2002. 367 c.
139. Fink A., Neubauer A.C. EEG oscillations during performance of verbal creativity tasks: Differential effects of sex and verbal intelligence // *Int. J. Psychophysiol*. 2006. № 1. P. 46-53.
140. Flavell, J. H. *Cognitive development: Past, present, and future* // *Developmental Psychology*. 1992. 28(6), P. 998-100.
141. Giannitrapani D. EEG average frequency and intelligence // *Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol*. 1969, vol. 27, № 3, P. 480-486.
142. Giannitrapani D. Intelligence and EEG spectra // *Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol*. 1973, vol. 34, № 7, P. 733.
143. Grossman M., Smith E.E., Koenig P. et al. The neural basis for categorization in semantic memory // *NeuroImage*. 2002. Vol. 17. – P. 1549 – 1561
144. Grabner R.H., Neubauer A.C., Stern E. Superior performance and neural efficiency: The impact of intelligence and expertise // *Brain Research Bulletin*. 2006.69. P. 422-439

145. Grabner R.H., Fink A., Stipacek A., Neuper C., Neubauer A.C. Intelligence and working memory systems: Evidence of neural efficiency in alpha band ERD. *Cognitive Brain Research*. 2004;20:212–225
146. Harmony T., Fernandez T.F., Silva J. EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks // *Int. J. Psychophysiol*. 1996. 24, P. 161-171.
147. Harvey O. J. System structure, flexibility and creativity // *Experience structure and adaptability / O. J. Harvey (ed.)*. New York: Springer Publishing Company, Inc.. 1966. P. 39-65
148. Jaušovec N. Differences in Cognitive Processes Between Gifted, Intelligent, Creative, and Average Individuals While Solving Complex Problems: An EEG Study // *Intelligence*. 2000. Vol. 28, Issue 3. P. 213-237.
149. Jung-Beeman M, Bowden E.M., Haberman J., Frymiare J.L., Arambel-Liu S. Neural activity when people solve verbal problems with insight // *PLoS Biol*. 2004. Vol. 2 (4). P. 87-96
150. Lachaud, C. M. Conceptual metaphors and embodied cognition: EEG coherence reveals brain activity differences between primary and complex conceptual metaphors during comprehension // *Cognitive Systems Research*. 2012. 22-23. P. 12-26.
151. Li R. *A theory of conceptual intelligence: Thinking, learning and giftedness*. NY: Praeger Publishers. 1996.
152. Lipp I., Benedek M., Fink A., Koschutnig K., Reishofer G., Bergner S., et al. Investigating Neural Efficiency in the Visuo-Spatial Domain: An fmri Study // *PLoS ONE*. 2012. 7(12). e51316.
153. Luque-Casado A., Perales, J.C., Cardenas, D., Sanabria, D. Heart rate variability and cognitive processing: the autonomic response to task demands // 2015 *Biol. Psychol*.113, P. 83-90

154. Luft C. D. B., Takase E., Darby D. Heart rate variability and cognitive function: Effects of physical effort // *Biological Psychology*. 2009. Vol. 82. Issue 2. P. 186-191
155. Milz P., Faber P.L., Lehmann D. et al The functional significance of EEG microstates. Associations with modalities of thinking // *Neuroimage*. 2016. 125. P. 643-56.
156. McCrae R. R. Creativity, divergent thinking and openness to experience // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1987. 52. P. 1258-1265.
157. Mayer R. E. Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving // *Instructional Science*. 1998. 26. P. 49-63.
158. Neubauer A.C., Fink A., Schrausser D.G. Intelligence and neural efficiency: The influence of task content and sex on the brain-IQ relationship // *Intelligence*. 2002.30. P. 515-536.
159. Neubauer A. C., Fink, A. Fluid intelligence and neural efficiency: Effects of task complexity and sex // *Personality and Individual Differences*, 2003. 35. P. 811–827.
160. Neubauer A.C., Grabner R.H., Fink A., Neuper C. Intelligence and neural efficiency: Further evidence of the influence of task content and sex on the brain-IQ relationship // *Cognitive Brain Research*. 2005. 25. P. 217–225
161. Neubauer A.C, Fink A. Intelligence and neural efficiency // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2009. 33. P. 1004–1023.
162. Nourbakhsh N., Wang Y., Chen F., Calvo R.A.: Using Galvanic Skin Response for Cognitive Load Measurement in Arithmetic and Reading Tasks // *Australian Computer Human Interaction Conference*. 2012. P. 420–423.
163. Open Science Collaboration, Estimating the reproducibility of psychological science. 2015. Vol. 349, Iss. 6251.

164. Paivio A. Abstractness, imagery and meaningfulness in paired-associate learning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. – 1965. – № 4. – P. 32 – 38.
165. Pepperberg I.M. Acquisition of the same - different concept by an African grey parrot (*Psittacus erithacus*): Learning with respect to categories of color, shape and material // *Animal Learning and Behavior*. – 1987. – Vol. 15. – P. 243 – 432
166. Perfetti B., Saggino, A., Ferretti A., Caulo, M., Romani G. L., Onofri M. Differential patterns of cortical activation as a function of fluid reasoning complexity // *Human Brain Mapping*. 2003. 30. P.497–510.
167. Prat C.S., Mason R.A., Just M.A. An fMRI Investigation of Analogical Mapping in Metaphor Comprehension: The Influence of Context and Individual Cognitive Capacities on Processing Demands // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*. 2012. V. 38 (2). P. 282 – 294.
168. Postle B. R., Berger J. S., D'Esposito, M. Functional neuroanatomical double dissociation of mnemonic and executive control processes contributing to working memory performance // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96, 1991. P. 12959–12964.
169. Preusse F., van der Meer, E., Deshpande G., Krueger F., Wartenburger, I. Fluid intelligence allows flexible recruitment of the parietofrontal network in analogical reasoning. // *Frontiers in Human Neuroscience*, 2011, 5, 22.
170. Pulvermüller F., Keil A., Elbert T. High-frequency brain activity: perception or active memory? // *Trends. Cogn. Sci.* – 1999. – Vol. 3(7). –P. 250 – 252
171. Raichle M. E., MacLeod A. M., Snyder A. Z., Powers W. J., Gusnard D. A., & Shulman, G. L. // A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2001. 98. P. 676–682.

172. Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. Manual for Raven's progressive matrices and vocabulary scales. // Oxford: Oxford Psychologists Press. 1998.
173. Ray W.J., Cole H.W., EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes // Science. 1985. 228. P.750-752.
174. Razumnikova O.M. Functional organization of different brain areas during convergent and divergent thinking: an EEG investigation // Cognitive Brain Research. – 2000. – Vol.10. - C. 11-18
175. Rosch E. Natural categories // Cognitive Psychology. - 1973. – Vol. 4. - P. 326-350
176. Rypma B., Berger J. S., Prabhakaran V., Bly B. M., Kimberg D. Y., Biswal B. B. et al. Neural correlates of cognitive efficiency // NeuroImage. 2006. 33. P. 969-979.
177. Savage-Rumbaugh E.S. Linguistic, Cultural and Cognitive Capacities of Bonobos (Pan Paniscus) // Culture & Psychology. - 2000. – Vol. 2. - P. 131 – 153
178. Schroder H. M., Driver M. J., Streufert S. Levels of information processing // Warr P. B. (ed.) Thought and Personality. Baltimor. Penguin Books Inc. 1970. P.174-191.
179. Segerstrom, S. C., Nes, L. S. Heart rate variability reflects self-regulatory strength, effort, and fatigue. // Psychological Science. 2007. 18, P. 275–281
180. Shulman G. L., Fiez J. A., Corbetta M., Buckner R. L., Miezin F. M., Raichle, M. E., et al. Common blood flow changes across visual tasks: II. Decreases in cerebral cortex // Journal of Cognitive Neuroscience, 1997. 9. P. 648–663.
181. Schultz D. H., Cole W. Higher Intelligence Is Associated With Less Task-Related Brain Network Reconfiguration // J Neurosci 36 (33). P. 8551-8561.

182. Tesche C.D., Karhu, J., 2000. Theta oscillations index human hippocampal activation during a working memory task // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 97.P. 919–924.
183. Tafreshi D., Slaney K., Neufeld S. Quantification in Psychology: Critical Analysis of an Unreflective Practice // Journal of Theoretical and Philosophical Psychology. 2016.Vol. 36, Iss. 4. P. 233-249.
184. Thatcher R.W., North D., Biver C. EEG and intelligence: Relations between EEG coherence, EEG phase delay and power // Clinical Neuropsych. 2005. Vol. 116. Issue 9. P. 2129–2141
185. Van den Heuvel, M. P., Stam, C. J., Kahn, R. S., Hulshoff Pol, H. E. Efficiency of functional brain networks and intellectual performance // Journal of Neuroscience. 2009. 29, P. 7619–7624.
186. Von Stein A., Rappelsberger P., Sarnthein J., Petsche H. Synchronization between temporal and parietal cortex during multimodal object processing in man // Cerebral Cortex. 1999. Vol. 9. № 2. P. 137
187. Von Stein A., Sarnthein J. Different frequencies for different scales of cortical integration: from local gamma to long range alpha/ theta synchronization // Int. J. Psychophysiol. 2000. Vol. 38. P. 301-313
188. Wang M., Hao N., Ku, Y., Grabner R. H., Fink, A. Neural correlates of serial order effect in verbal divergent thinking // Neuropsychologia. 2017.99. P. 92-100.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ШКАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЛЬФА-РИТМА

Балл	Альфа-индекс, %	A_{max} , мкВ	Асимм. альфа-инд.	Коэф. асимм. Δ_t	Коэф. λ_t	Средняя частота f_t , Гц	Доминирующая частота ω_t , Гц
1	99	*	-90.01	-2.000	0.020	2.20	2.00
	100		и менее	и менее	и менее	и менее	и менее
2	97	176.01	-90.01	-1.990	0.021	*	2.01
	98	и более	-70.01	-1.580	0.200		2.80
3	94	*	-70.00	-1.570	0.210	2.21	2.81
	96		-60.01	-1.360	0.500	4.90	2.90
4	92	*	-60.00	-1.350	0.510	4.91	2.91
	93		-33.01	-1.260	0.560	5.70	3.30
5	90	128.01	-33.00	-1.250	0.561	5.71	3.31
	91	176.00	-21.01	-0.720	0.660	7.80	4.40
6	88	112.01	-21.00	-0.710	0.661	7.81	4.41
	89	128.00	-13.01	-0.460	0.740	8.40	5.60
7	86	100.01	-13.00	-0.450	0.741	8.41	5.61
	87	112.00	-8.01	-0.260	0.820	8.90	7.10
8	83	88.01	-8.00	-0.250	0.821	8.91	7.11
	85	100.00	-4.01	-0.100	0.900	9.50	7.90
9	77	80.01	-4.00	-0.090	0.910	9.51	7.91
	82	88.00	-1.01	0.020	0.960	9.80	8.90
10	70	72.01	-1.00	0.021	0.961	9.81	8.91
	76	80.00	0.99	0.140	1.000	10.00	9.90
11	63	64.01	1.00	0.141	1.010	10.01	9.91
	69	72.00	3.99	0.260	1.100	10.30	10.00
12	56	56.01	4.00	0.261	1.110	10.31	10.01
	62	64.00	8.99	0.320	1.180	10.40	10.10
13	49	48.01	9.00	0.321	1.181	10.41	10.11
	55	56.00	13.99	0.420	1.240	10.80	10.90
14	42	40.01	14.00	0.421	1.241	10.81	10.91
	48	48.00	20.99	0.500	1.320	11.30	13.20
15	35	32.01	21.00	0.510	1.321	11.31	13.21
	41	40.00	30.99	0.680	1.400	12.10	15.00
16	28	*	31.00	0.681	1.410	12.11	15.01
	34		59.99	1.000	1.520	13.70	18.40
17	21	24.01	60.00	1.010	1.521	13.71	18.41
	27	39.99	и более	1.700	1.660	17.20	20.00
18	13	16.01	*	1.710	1.661	17.21	20.01
	20	24.00		2.200	1.880	19.40	20.30
19	5	8.01	*	2.210	1.881	19.41	*
	12	16.00		2.220	2.180	22.10	
20	4	8.00	*	2.230	2.181	22.11	20.31
	и менее	и менее		и более	и более	и более	и более

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ШКАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧСС

Б а л л	ЧД, 1/мин	ЖЕЛ, мл	ОД, мл	МОД, л	ВИ	ЧСС, 1/мин	СД, мм рт.ст.
1	3.00	1599	0.100	2.19	0.59	38	85
	и менее	и менее	и менее	и менее	и менее	и менее	и менее
2	3.01	1600	0.101	2.20	*	39	86
	3.99	1699	0.120	2.59		40	89
3	4.00	1700	0.121	2.60	*	41	90
	5.99	1999	0.140	2.79		43	
4	6.00	2000	0.141	2.80	0.60	44	91
	6.99	2199	0.200	3.39	0.79	49	95
5	7.00	2200	0.201	3.40	0.80	50	96
	7.99	2299	0.340	4.59	0.99	53	99
6	8.00	2300	0.341	4.60	1.00	54	100
	9.99	2399	0.380	6.19	1.19	56	
7	10.00	2400	0.381	6.20	1.20	57	101
	10.19	2599	0.440	7.19	1.59	60	105
8	10.20	2600	0.441	7.20	1.60	61	106
	11.99	2799	0.480	8.59	2.19	64	109
9	12.00	2800	0.481	8.60	2.20	65	110
	12.99	3099	0.540	10.39	2.59	67	111
10	13.00	3100	0.541	10.40	2.60	68	112
	14.99	3299	0.600	12.19	3.39	71	119
11	15.00	3300	0.601	12.20	3.40	72	120
	16.19	3999	0.620	14.39	3.99	73	124
12	16.20	4000	0.621	14.40	4.00	74	125
	17.99	4599	0.760	15.99	4.59	78	129
13	18.00	4600	0.761	16.00	4.60	79	130
	19.29	4799	0.860	17.39	5.59	81	134
14	19.30	4800	0.861	17.40	5.60	82	135
	21.99	4899	0.980	20.19	7.19	86	139
15	22.00	4900	0.981	20.20	7.20	87	140
	23.19	5099	1.040	25.59	8.99	92	141
16	23.20	5100	1.041	25.60	9.00	93	142
	27.99	5199	1.200	28.99	10.79	99	149
17	28.00	*	1.201	29.00	10.80	100	150
	32.99		1.280	31.99	10.99	101	154
18	33.00	5200	1.281	32.00	11.00	102	155
	35.99	5299	1.320	32.59	12.39	107	159
19	36.00	*	1.321	32.60	12.40	108	160
	41.99		1.360	36.79	13.79	114	165
20	42.00	5300	1.361	36.80	13.80	115	166
	и более	и более	и более	и более	и более	и более	и более