

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. АСТАФЬЕВА»
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Факультет биологии, географии и химии
Выпускающая кафедра биологии, химии и методики обучения

Ф.И.О. обучающегося полностью
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**Проектирование научно-исследовательской деятельности
старшеклассников по нейрофизиологии с использованием
учебно-лабораторного комплекса ViTronics**

Направление подготовки: 44.04.01 Педагогическое образование
(код направления подготовки/код специальности)
Направленность (профиль) образовательной программы: Теория и методика
естественнонаучного образования

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой: д.б.н., профессор, Антипова Е. М.
(ученая степень, ученое звание, фамилия, инициалы)

_____ (дата, подпись)

Руководитель: к.б.н., доцент, Елсукова Е.И.

(ученая степень, ученое звание, фамилия, инициалы)

_____ (дата, подпись)

Дата защиты: _____

Обучающийся Малышкин Иван Васильевич

(фамилия, инициалы)

_____ (дата, подпись)

Оценка _____

(прописью)

Красноярск 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Обзор научной литературы по использованию метода электроэнцефалографии в физиологии когнитивных процессов.....	8
1.1. Электроэнцефалография. Принцип метода, техника регистрации электрических волн, основные направления использования метода в нейрофизиологии.....	8
1.2. История электроэнцефалографии.....	14
1.3. Основные ритмы электроэнцефалограммы	18
1.4. Когнитивные функции и их локализация в головном мозге, динамика в процессе деятельности.....	22
1.5. Внимание с точки зрения физиологии.....	23
1.6. ЭЭГ в педагогике и образовании.....	34
1.7. Регистрация ЭЭГ в режиме реального времени с помощью нейрогарнитур и ее применение в сфере образования.....	36
Глава 2. Регистрация и анализ ЭЭГ с помощью нейрогарнитур ViTronics.....	38
Глава 3. Анализ амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ и параметров внимания у студентов и старшеклассников в условиях умственной деятельности.....	43
Глава 4. Тематика и содержание исследовательских проектов обучающихся по физиологии внимания с использованием нейрогарнитур.....	51
4.1. Анализ знаний обучающихся 10 классов психолого-педагогического и естественно-научного профиля по анатомии головного мозга и физиологии высшей нервной деятельности	52
4.2. Разработка занятия по ЭЭГ для обучающихся старших классов МБОУ средней школы №62 на базе кванториума им Л.В. Киренского КГПУ им. В.П.Астафьева.....	53
4.3. Научно-исследовательский проект «Электроэнцефалографический анализ процессов спокойного бодрствования и умственной деятельности».....	56
4.3.1 Пояснительная записка к исследовательскому проекту по теме «Электроэнцефалографический анализ процессов спокойного бодрствования и умственной деятельности».....	57
4.3.2. Результаты выполнения и апробации проекта.....	59
Заключение.....	61

Библиографический список.....	62
Приложение А.....	69
Приложение В.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Нейробиология развивается, формируя новую картину понимания процессов, происходящих в центральной нервной системе человека. Полученные данные находят прикладное применение в медицине, психологии, нанотехнологиях, инженерии, образовании и других областях. В контексте глобального перехода к высокотехнологичному обществу особую значимость приобретает раннее приобщение школьников к фундаментальным научным знаниям, в частности к нейрофизиологии, как базовой дисциплине, лежащей в основе понимания работы мозга.

Стандартная школьная программа предоставляет мало информации по нейрофизиологии. Это является упущением, поскольку знания по нейрофизиологии имеют ценность. У старшеклассников происходит профессионализация. Нейрофизиология находится в фокусе внимания разных специализаций. В инженерии и информатике необходима нейрофизиология, потому что нейросети работают по принципу нейронных популяций. Развитие нейросетей, понимание их, аналитика и прогноз связаны с пониманием нейрофизиологии. Однако в рамках стандартной школьной программы нейрофизиология практически не представлена, что ограничивает возможности профессионального самоопределения и тормозит развитие исследовательской культуры у школьников. Решению данной проблемы способствуют профильные естественнонаучные классы, в которых значительное внимание уделяется исследовательской деятельности. Выполнение школьниками индивидуальных или групповых научных проектов, в том числе на стыке биологии, психологии и технологий, представляет собой эффективную форму освоения научных знаний и формирования навыков научного мышления. Для глубокого понимания механизмов функционирования нейронных сетей, их обучения, оптимизации и анализа важно иметь

представление о том, как организована передача информации в нервной системе человека

Особое внимание в современной педагогике уделяется индивидуализации и персонализации обучения [Максимова, Этуев, 2023]. Для достижения этих целей необходима точная информация о состоянии когнитивных процессов обучающихся, в частности — о внимании, рабочей памяти, скорости переработки информации. Нейрофизиологические методы, в частности электроэнцефалография (ЭЭГ), позволяют получить объективные данные о состоянии внимания учащихся в реальном времени [Максимова, Этуев, 2023; Костромина, 2021]. Эти данные могут использоваться как основа для построения адаптивных образовательных траекторий, подбора форм и темпа обучения, а также для организации обратной связи между учеником и педагогом [Костромина, 2021]. Таким образом, нейрофизиологические показатели становятся инструментом, способным повысить эффективность образовательного процесса.

Кроме того, включение нейрофизиологических исследований в школьную исследовательскую практику позволяет сформировать у учащихся межпредметные компетенции: от работы с современным технологическим оборудованием, взаимодействия с базовыми принципами экспериментальной биологии — до анализа данных, построения гипотез и их проверки с использованием методов статистики и интерпретации нейрофизиологических сигналов. Это делает школьные исследования значимыми не только с образовательной, но и с научно-практической точки зрения.

Таким образом, актуальность исследования нейрофизиологических основ внимания в школьной среде обусловлена несколькими факторами: потребностью в ранней профориентации в нейронаучных и инженерных специальностях; недостаточной представленностью нейрофизиологии в школьном образовании; высокой значимостью объективных методов анализа когнитивных процессов для персонализированного обучения.

Исследовательская деятельность, связанная с анализом ЭЭГ в контексте учебной деятельности, представляет перспективное направление, объединяющее образовательные задачи с современными научными подходами .

Объект – исследовательская деятельность обучающихся старших классов

Предмет магистерской диссертации – исследовательская деятельность старшеклассников по нейрофизиологии с использованием нейрогарнитуры ViTronicsLab.

Цель магистерской диссертации – изучение возможностей нейрогарнитуры ViTronics для использования в исследовательских проектах старшеклассников по нейрофизиологии

Задачи:

1. Подготовить обзор научной литературы по использованию метода электроэнцефалографии в физиологии когнитивных процессов
2. Освоить регистрацию и анализ ЭЭГ с помощью нейрогарнитуры ViTronics
3. Выполнить серию исследований по сопоставлению амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ с параметрами внимания у студентов и старшеклассников в условиях умственной деятельности
4. Разработать тематику и содержание исследовательских проектов обучающихся по физиологии внимания с использованием нейрогарнитуры и провести апробацию одного из них.

Методы, использованные в работе

1. Теоретические методы: поиск публикаций по теме исследования с помощью поисковой системы научных публикаций Google Scholar и электронной библиотеки по электрофизиологии НЦИЛС [Google... 2025; Научная... 2024]; анализ, систематизация и обобщение литературных данных и результатов собственных исследований;

2. Методы физиологического эксперимента: регистрация

электроэнцефалограммы с помощью нейрогарнитуры ViTronicsLab и спектральный анализ ЭЭГ [Спектральный... 2025]; психофизиологическое тестирование свойств внимания и подвижности нервных процессов с помощью теста Анфимова [Ситдилов и др, 2019, с. 24];

3. Статистические методы: сравнение двух выборок с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни, корреляционный анализ с использованием критерия Спирмена. Статистический анализ выполнен в программе GraphPadPrism 8.2.1.

Практическая значимость и новизна. Впервые с использованием нейрогарнитуры отечественной фирмы ViTronics выполнено исследование динамики альфа и бета-волн в передней фронтальной коре при работе обследуемых с тестом Анфимова, выявлены индивидуальные особенности ЭЭГ, связанные с процессами внимания. Впервые разработана тематика и содержание исследовательских проектов по ЭЭГ анализу процессов внимания для старшеклассников, проведена апробация одного из проектов, в ходе которой выявлены образовательные дефициты по нейроанатомии и нейрофизиологии, предложены пути их решения.

Результаты магистерской диссертации представляют интерес для нейрофизиологии как одна из первых попыток применения нейрогарнитуры в психофизиологическом эксперименте. Результаты также могут быть полезны для специалистов кванториумов, точек роста, занимающихся разработкой проектов обучающихся по нейрофизиологии.

Апробация и публикации Результаты диссертационной работы были представлены на 2 конференциях:

По результатам исследований опубликовано 2 статьи в сборниках материалов конференций.

Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка и приложения. Материал изложен на 73 страницах машинописного текста, содержит 2 таблицы и 18 рисунков. Список литературы включает 66 источников, из них 27 на иностранных языках.

Глава 1. Обзор научной литературы по использованию метода электроэнцефалографии в физиологии когнитивных процессов

1.1. Принцип метода электроэнцефалографии и основные направления его использования в нейрофизиологии

Электроэнцефалография (от греческого *enkephalon* - мозг и *grafo* - пишу) – метод нейрофизиологии, изучающий закономерности возникновения, распределения по коре и взаимодействия электрической активности головного мозга [Иванов, 2020, с. 14]. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) - это кривая, получаемая при регистрации с разных точек поверхности скальпа спонтанных колебаний электрических потенциалов. [Орлова, 2015].

Синхронизация активности больших групп нейронов приводит к возникновению так называемых ритмов головного мозга, которые можно зарегистрировать на поверхности черепа с помощью метода электроэнцефалографии.

Электроэнцефалографическая установка (электроэнцефалограф) включает блок усиления с фильтрами высокой и низкой частоты, калибровочное устройство, отводящие электроды.

Расположение и названия электродов определяются Международная система размещения электродов «10—20» для большинства клинических и исследовательских применений (за исключением случаев, когда используются матрицы высокой плотности).

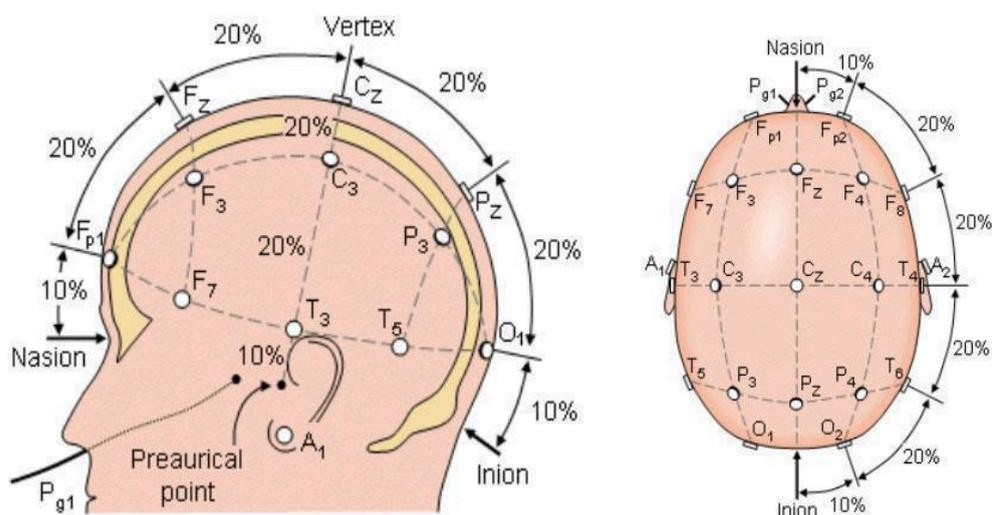


Рисунок 1 – Международная система размещения электродов «10—20» [Система... 2025]

Названия электродов включают первую букву латинского названия области, на которую ставится электрод, и номер, указывающий сторону и расположение электрода в пределах этой области.: pre-frontal (Fp), frontal (F), temporal (T), parietal (P), occipital (O), central (C), midline (Z) [Система... 2025].

Fp1, Fp2 — переднелобные (prefrontal),

- F3, F4 — лобные (frontal),
- Fz — среднелобный,
- C3, C4 — центральные (central),
- Cz — центральный вертексный,
- P3, P4 — теменные (parietal),
- Pz — центральнотеменной,
- F7, F8 — передневисочные,
- T3, T4 — средневисочные (temporal),
- T5, T6 — задневисочные,
- O1, O2 — затылочная (occipital),
- A1, A2 — ушные.

Эта система обеспечивает единообразие названий электродов в разных лабораториях. В большинстве клинических применений используются 19 регистрирующих электродов (плюс заземление и система опорного напряжения), располагающихся на поверхности кожи головы со специальным электропроводящим гелем, а на мочке уха — опорный электрод, относительно которого измеряется электрический потенциал под каждым из этих электродов [Отведение... 2025]. Получаемые сигналы являются слабыми, поэтому они усиливаются электроэнцефалографом, фильтруются от помех и шумов и, в конце концов, записываются на компьютере или миллиметровой бумаге. Итоговая запись называется электроэнцефалограммой (ЭЭГ) и состоит из большого количества графиков по количеству отведений — сигнальных электродов.

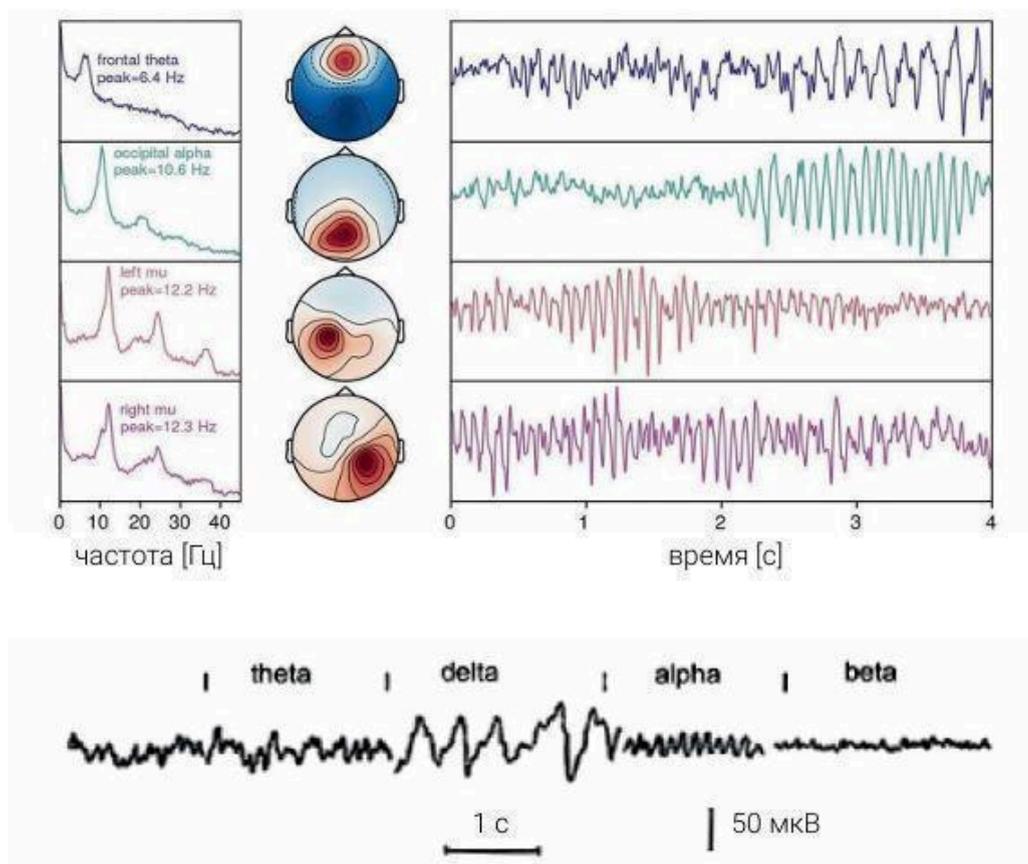


Рисунок 2 – Типичная форма представления записей ЭЭГ [Бережной. 2021. с. 188].

Электроэнцефалография является алгебраической суммой внеклеточных электрических полей возбуждающих и тормозных постсинаптических потенциалов корковых нейронов, причем основной вклад в ЭЭГ вносят потенциалы апикальных дендритов наиболее крупных, вертикально ориентированных нейронов (в частности, пирамидных клеток коры) [Александров, 2017, с. 32].

Амплитуда потенциалов ЭЭГ в норме не превышает 100 мкВ, поэтому аппаратура для регистрации ЭЭГ включает мощные усилители и узкополосные фильтры для выделения слабых сигналов ЭЭГ на фоне различных физических и физиологических помех. Кроме того, энцефалографическая аппаратура имеет устройства для фото- и фоностимуляции, позволяющие изучать так называемую вызванную активность мозга. Современные электроэнцефалографические системы одновременно являются еще и компьютерными средствами анализа и наглядного графического отображения (картирования) ЭЭГ, и могут содержать видеосистемы для наблюдения за пациентом.

ЭЭГ отражает совместную активность большого числа нервных элементов, поэтому по картине ЭЭГ можно судить о режиме работы участка нервной системы, расположенного под отводящим от скальпа электродом. Обычно используется стандартное по Международной системе 10-20 расположение на скальпе значительного числа электродов (обычно от 8 до 21), что дает возможность оценить по ЭЭГ функциональное состояние основных сенсорных, моторных и ассоциативных зон коры и их подкорковых проекций.

Также, электроэнцефалография — метод регистрации суммарной биоэлектрической активности головного мозга. Наиболее полно описывает накопленную ЭЭГ-феноменологию концепция статистического отображения активности множественных нейронных потенциалов в суммарной ЭЭГ. Суммарная ЭЭГ отражает функциональную активность, но не отдельных нервных клеток, а их громадных популяций. Создаваемое

ими поле представлено по всему пространству мозга и постоянно меняется во времени. В результате между двумя точками над мозгом или между точкой над мозгом и удаленной от него точкой может быть зарегистрирована разность потенциалов. Для регистрации этой разницы потенциалов на поверхности головы размещают электроды. Электродная пара, между которой регистрируется и графически отображается динамика разности потенциалов, называется электроэнцефалографическим отведением [Казин, 2018]. Непрерывно регистрируемая разность потенциалов составляет графическое отражение биоэлектрической активности в данном отведении.

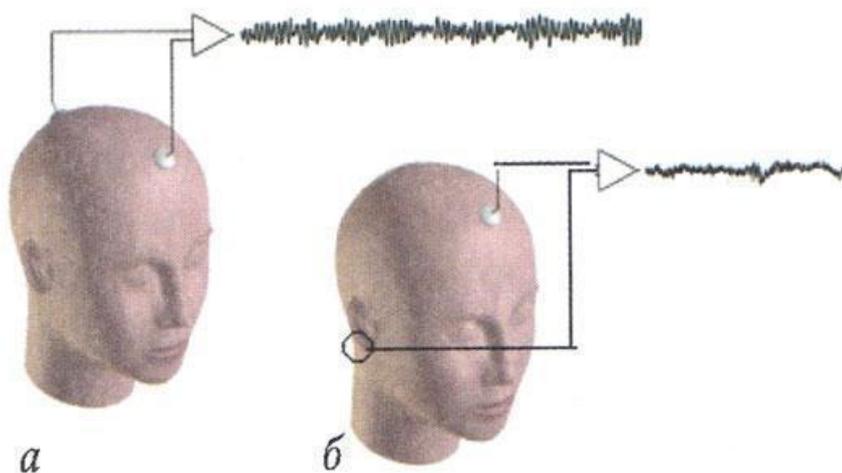


Рисунок 3 – Типы электроэнцефалографических отведений [Отведение... 2025].

По способу регистрации ЭЭГ-отведение могут быть разделены на монополярные и биполярные [Отведение... 2025]. Биполярным называют отведение, при котором оба ЭЭГ-электрода расположены над мозгом. Монополярным называют отведение, которое регистрирует изменения электрического потенциала от электрода, расположенного над мозгом, относительно другого электрода, изменение потенциала под которым практически равно нулю. С этой целью в монополярном отведении используется либо электрод, расположенный на значительном удалении от мозга, либо электрод, на который подается некий усредненный потенциал,

величина которого не обусловлена каким-либо одним локальным источником. Электрод, расположенный над мозгом, называют активным, реже используется наименование «рабочий». Электрод, удаленный от мозговой ткани, носит название референтного. Наиболее часто референтный электрод располагают на мочке уха.

На ЭЭГ регистрируется разность потенциалов между двумя электродами, на положение «пишущего пера» будут в равной мере влиять изменения потенциала под каждым из пары электродов [Бережной. 2021. с. 115]. При биполярном отведении регистрируемая кривая отражает алгебраическую сумму колебаний электрического потенциала под каждым из двух электродов. Поэтому суждение о форме колебания под каждым из электродов на основе одного биполярного отведения невозможно. Для этого выполняется анализ активности, зарегистрированной от нескольких пар электродов в различных комбинациях, что позволит выявить локализацию источника активности.

В случае идеального монополярного отведения под активным электродом генерируется переменный потенциал, соответствующий электрической активности мозга. Под референтным электродом, который находится вдали от мозга, имеется некий постоянный потенциал, который не влияет на «положение пера». Следовательно, суммарный электрический процесс будет отражать колебания электрического потенциала, генерируемого мозгом под активным электродом. Таким образом, монополярное отведение в большей степени регистрирует электрическую активность определенного участка коры. Тем не менее ЭЭГ представляет собой отражение суммарной активности, и, соответственно, даже отдельный электрод отображает активность не какого-то ограниченного источника, а многочисленных генераторов и даже весьма удаленных от электрода. Таким образом, при монополярном отведении зарегистрированная ЭЭГ отражает не только активность какого-то локального источника, а представляет суммарную активность большого

объема мозговой ткани в области рабочего электрода [Бережной. 2021. с. 121].

Одна из задач электроэнцефалографии — локализовать источник активности, например, пароксизмальной активности при эпилепсии. Это так называемая «обратная задача ЭЭГ». Для решения этой задачи выполняется анализ активности, необходим планомерный анализ при разных комбинациях электродов и различных способах отведений. Привлекается соответствующий мощный аппарат математического моделирования и реконструкции источников электрического сигнала. Рассмотрению этих методических приемов будет посвящен соответствующий раздел.

Следует помнить, что в классической нейрофизиологии отклонение сигнала (пера виртуального самописца) «вверх» соответствует отрицательному потенциалу, «вниз» — положительному. Это достигается правильной коммутацией (соединением) пар электродов.

Электроэнцефалография применительно к исследованиям мозга человека в настоящее время имеет три основные направления [Александров, 2017, с. 5]:

- 1) работы, охватывающие общие вопросы физиологии ЦНС, происхождение ритмов, функциональное взаимодействие систем мозга
- 2) исследования, тесно связанные с процессами высшей нервной деятельности, в психологии
- 3) применение ЭЭГ с диагностической целью для оценки функционального состояния мозга, пораженного патологическим процессом, выявления диффузных и локальных изменений.

1.2. История электроэнцефалографии

В 1849 году Дюбуа Реймонд впервые сообщил об обнаружении электрических токов в центральной нервной системе [Grattom et al., 2018;

Jackson, 2015, p. 58]. Обнаруживший в нервной и мышечной ткани ряд закономерностей электрических явлений, он считается основоположником электрофизиологии. Спустя несколько десятилетий, в 1875 году, Р. Катон [Grattom et al., 2018] в Англии и В.Я. Данилевский [Александров, 2012] в России независимо друг от друга зафиксировали спонтанную и вызванную электрическую активность в мозге собаки.

В 1882 г., русский физиолог И. М. Сеченов опубликовал работу «Гальванические явления на продолговатом мозгу лягушки», где описал ритмический характер биоэлектрической активности мозга. В 1884 году, ученик Сеченова Н. Е. Введенский описал способ анализа мозговой активности кролика через прослушивания с помощью телефона. Работа имела название «Исследования над нервными центрами» [Александров, 2012].

Российские нейрофизиологи в конце XIX - начале XX веков заложили важные основы электроэнцефалографии. Исследовались способы регистрации электрической активности центральной нервной системы животных — Н. О. Цибульский с ассистентом А. Беком изучали коры головного мозга обезьян, собак, кроликов. Работа В.Я. Данилевского, продемонстрировавшего возможность регистрации электрической активности мозга и ее связь с физиологическими процессами, оказало важное влияние на формирование данной научной области. В период с 1913 по 1925 г ученый опубликовал ряд работ, а которых описывались мозговые волны, названные впоследствии альфа-, бета- и сигма-ритмами. Помимо Данилевского, стоит отметить работы Правдич-Неминского [Александров, 2012], которые создали основу для регистрации мозговой активности человека, а также исследования П.Ю. Кауфмана 1912 года, установившего зависимость мозговых потенциалов от метаболизма, внешних стимулов, наркоза и эпилепсии, относятся к ключевым. В. В. Правдич-Неминский (рис. 4) является создателем первой электроэнцефалограммы, снятой с мозга собаки ■[Александров, 2012] ■

Работа была проведена и опубликована в 1913,. причем была сделана без повреждения кожи головы собаки, применяя струнный гальванометр.



Рисунок 4 – В.В. Правдич-Неминский [История... 2024]

Впервые регистрация электрических потенциалов головного мозга человека была осуществлена в 1928 г. австрийским психиатром Хансом Бергером (рис 5), который применял скальповые игольчатые электроды [Александров, 2017, с. 42]. В исследованиях Бергера были описаны основные ритмы ЭЭГ, изменение ЭЭГ ритмов при функциональных пробах и изменения патологического характера происходящие в мозге [Александров, 2017, с. 31].

С 1930 г., ЭЭГ становится общепризнанным методом исследования головного мозга. Метод начали использовать в экспериментальных и в клинических целях. В Советском Союзе создается лаборатория по исследованию физиологии мозга, включая электроэнцефалографию. ЭЭГ применяют для изучения функций головного мозга, для оценки его органических поражений, таких как — склероз, некроз, новообразования. Значительное влияние на формирование метода оказали работы о значении ЭЭГ в диагностике опухолей мозга. Также влияние на развитие метода оказали исследования У.Г. Леннокс, Ф. Гиббс, Э. Гиббс

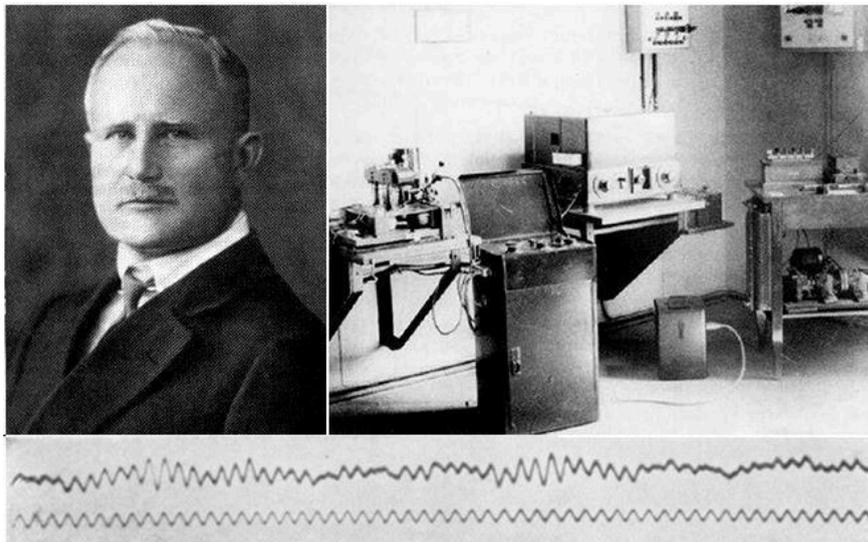


Рисунок 5 – Ганс Бергер и запись ЭЭГ [История... 2024]

Дальнейшие исследования в этой области были посвящены не только электроэнцефалографии при различных состояниях и заболеваниях мозга, но и анализу механизмов генерации электрической активности. Важный вклад в данную область внесли исследователи В.С.Русинов, В.Е.Майорчик, Н.П.Бехтерева, Л.А. Новикова, а также зарубежные исследователи Э.Д.Адриан, Б.Метьюз, Дж.Уолтер [Grattom et al., 2018]. Значительное влияние на осознание природы электрических потенциалов головного мозга оказало изучение нейрофизиологии отдельных нейронов использующие метод микроэлектродов, выявившие механизмы и структурные субъединицы, из которых складывается суммарная ЭЭГ

Исследовательские работы по неспецифическим системам активации мозга и лимбического комплекса, оказали важное значения для осознания механизмов генерации нормальной ЭЭГ. Данные структуры позволяют определить уровень функциональной активности мозга, выполняют роль инструмента функциональной диагностики.

В современной клинической практике имеются новые методы нейровизуализации, с использованием компьютерной томографии — МРТ

и ПЭТ, но электроэнцефалография ещё остаётся востребованной технологией. Оборудование и методы электроэнцефалографии совершенствуются, области применения расширяются

1.3. Основные ритмы электроэнцефалограммы

Одним из ключевых аспектов ЭЭГ являются волны, отражающие различные состояния и активности. Эти волны, классифицируемые по частоте и амплитуде, сигнализируют об эмоциональном состоянии, уровне стресса, внимании, о процессе сна. Понимание этих волн помогает исследовать восприятие человеком окружающего мира, то как различные факторы влияют на мозговую активность. Изучение волн ЭЭГ является путём к изучению механизмов, управляющих поведением человека и эмоциями [Гнедых, 2021; Иванов, 2023].

Ритм ЭЭГ — регулярный, (т.е. имеющий постоянную частоту) тип электрической активности головного мозга, который соответствует определенному состоянию мозга. Данный тип связан с определёнными церебральными механизмами. При описании ритма, указывается амплитуда, частота и некоторые характерные черты его изменений во времени при изменениях функциональной активности мозга. Ритмы ЭЭГ связаны с различными состояниями человека [Иванов, 2020, , с. 21].

Ритмы ЭЭГ:

Альфа-ритм — регулярный, синусоидальной формы, с частотой 8-13 Гц (колебаний в 1 с) и амплитудой 20-80 мкВ. Альфа-ритм регистрируется при отведении биопотенциалов от всех зон коры большого мозга, но более постоянно — от затылочной и теменной областей. Он слабо проявляется в зонах, активно участвующих в обработке сенсорных данных, и высокую выраженность в регионах, которые не вовлечены в обработку поступающей информации в данный момент времени [Изнак, 2018]. Альфа-ритм регистрируется у человека в условиях физического и умственного покоя и

отсутствии внешних раздражений. Фазовая синхронизация работы нейронов на частоте альфа-диапазона негативно связана с изменениями в дорсальной сети внимания [Изнак, 2018].

Бета-ритм — Амплитуда 10-30 мкВ. Частота колебаний 14-35 Гц. Регистрируется в любых областях мозга, но наиболее выражен в лобных долях. При раздражителях или при умственной работе, открывании глаз — альфа-ритм быстро сменяется бета-ритмом. Явление смены редкого ритма на более частый, отражает десинхронизацию (реакции активации) [Изнак, 2018].

Тета-ритм — амплитуда 100-150 мкВ. Частота колебаний 4-7 Гц. Наблюдается при кислородном голодании мозга, состоянии неглубокого сна, наркозе.

Дельта-ритм — характерной чертой ритма являются высокая амплитуда 250-300 мкВ, вплоть до 1000 мкВ и медленные колебания частотой 0,5-3 Гц. Обнаруживается во всех зонах мозга, при глубоком сне и при наркозе. Примечательно, что у детей до 7 лет, может быть зарегистрирован и в бодрствующем состоянии.

Сенсомоторный (или роландический) ритм представляет собой альфа-эквивалент, характеризующийся частотой, близкой к альфа-диапазону, и локализацией в центральных и центрально-теменных отделах коры головного мозга. Свое название он получил благодаря максимальной амплитуде, регистрируемой в проекции роландовой борозды. Считается, что роландический ритм был впервые подробно описан Гасто в 1958 г. [Веретехина и др., 2023]

Этот ритм имеет характерную форму волн: аркообразные волны с закругленными вершинами и «острыми» основаниями, напоминающими греческую букву μ (мю). Поэтому существует еще одно название сенсомоторного ритма — мю-ритм. Мю-ритм, также, как и альфа-ритм, подвержен депрессии при реакции активации. Но в отличие от альфа-ритма, мю-ритм угнетается при двигательной активности:

произвольной (сжимание пальцев в кулак), рефлекторной и даже при намерении движения.

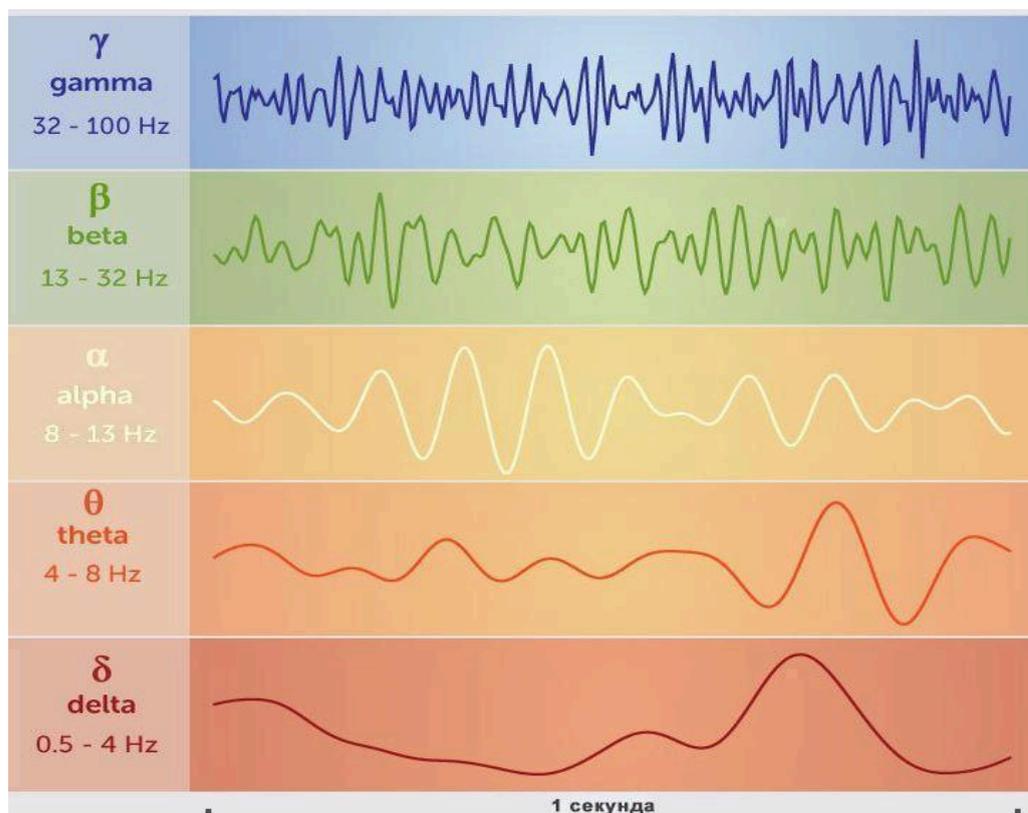


Рисунок 6 – Ритмы головного мозга. [Ритмы... 2025]

В состоянии бодрствования над средневисочными отделами могут быть зарегистрированы немодулированные каппа-волны частотой 8—12 Гц и тау-ритм частотой 10—12 Гц. Считается, что регистрации на ЭЭГ этих ритмов препятствуют кости черепа, и чаще альфа-эквиваленты могут быть зарегистрированы при наличии дефектов подлежащих костных структур. Тау-ритм избирательно чувствителен к слуховым стимулам, счету в уме и другим видам умственной деятельности.

Существует еще один феномен: лямбда-волны — заостренные однофазные колебания обычно в альфа- или, реже, в тета-диапазонах частот амплитудой до 30—50 мкВ, регистрируемые в затылочных отведениях во время работы зрительного анализатора (например, при демонстрации визуальных изображений). Считается, что лямбда-волны

связаны с саккадическими движениями глаз при рассматривании сложных изображений.

Тау-ритмы частотой 10-12 Гц и каппа-волны частотой 8-12 Гц могут быть зарегистрированы над средне височными отделами, когда человек находится в состоянии бодрствования. Существует мнение, что электроэнцефалографическое регистрации этих ритмов препятствуют кости черепа, чаще альфа-эквиваленты могут быть зарегистрированы при дефектах подлежащих костных структур. Тау-ритм избирательно чувствителен к счёту в уме, слуховым стимулам, к другим видам умственной деятельности.

Лямба-волны — это заостренные однофазные колебания обычно в альфа- или, реже, в тета-диапазонах частот амплитудой до 30—50 мкВ. Они регистрируются в затылочных отведениях, во время работы зрительного анализатора. Лямба-волны связаны с саккадическими движениями глаз при рассматривании сложных изображений.

Среди разных методов анализа ЭЭГ наиболее разработанным и используемым является спектральный анализ.

При использовании спектрального анализа, кривую ЭЭГ рассматривают как некий колебательный процесс, основными характеристиками которого являются частота, амплитуда и фаза колебаний. Математической основой спектрального анализа служит преобразование Фурье, исходящее из положения о том, что исследуемые сигналы состоят из определенного числа синусоидальных и/или косинусоидальных составляющих (гармоник) последовательно возрастающего ряда частот. Важно, что преобразование Фурье подразумевает стационарность сигнала ЭЭГ, то есть отсутствие изменений статистических характеристик сигнала на анализируемом участке. На первом этапе обработки ЭЭГ, как правило, оценивают зависимость различных спектральных показателей от частоты, так называемые спектры характеристик. Амплитудно-частотный спектр представляет собой зависимость амплитуд спектральных гармоник (по оси

У) от частоты (по оси Х). В выделенных частотных диапазонах можно вычислить обобщенные спектральные показатели. Обычно используют следующие из них: максимальная амплитуда спектра в конкретном диапазоне частот, частота максимальной по амплитуде гармоники, средняя амплитуда спектра в частотном диапазоне.

1.4. Когнитивные функции и их локализация в головном мозге, динамика в процессе деятельности

С общей точки зрения, колебания присутствуют во всех физических и биологических системах, стремящихся достигнуть равновесия. Почти во всех случаях колебания появляются, когда система управляется двумя противоположными процессами: выводящим систему из равновесия и возвращающим ее обратно к равновесию [Екущев, 2018]

В этом отношении колебания ЭЭГ не отличаются от колебаний в других биологических системах. В случае любого наблюдаемого ритма ЭЭГ (такого как альфа, бета или тета) мы всегда можем обнаружить фактор, который выводит нейрон или нейронную сеть из состояния равновесия, и причину, которая возвращает их назад [Расположение... 2025].

Однако колебания могут быть не только отражением действия двух противоположных сил в нейронных сетях, но гипотетически также могут служить источником объединяющего начала в организации нейронных сетей. Например, изменения суммарного локального электрического потенциала, созданного нейронами — генераторами данного ритма, могут вовлечь в этот процесс другие нейроны, которые непосредственно не участвуют в генерации ритма. Это вовлечение синхронизирует активность всех нейронов нейронной сети с генераторами ритма.

Научным термином «когнитивный» обозначается ряд сложных функций головного мозга, помогающих человеку рационально познавать и

анализировать окружающий мир, адаптировать свое поведение к меняющимся условиям, взаимодействовать друг с другом [Гнедых, 2021].

Для исследования когнитивных процессов опеределённую ценность представляют работы, совмещающие себе и психологический и нейрофизиологический подход. Подобное построение исследования позволяет приблизиться к пониманию основных механизмов различных когнитивных процессов, исследовать причины различных когнитивных нарушений, разработать методы коррекции этих нарушений.

Когнитивные процессы включают:

Память – способность усваивать, сохранять и воспроизводить информацию. За нее отвечают преимущественно височные отделы мозга, в частности – гиппокамп.

Речь – способность говорить, то есть обмениваться различной информацией с другими людьми. За нее отвечают лобная и теменная доли мозга.

Праксис – способность приобретать и использовать различные двигательные навыки: ходить, пользоваться ложкой, рисовать и др. За него отвечают лобные и теменные доли мозга.

Гнозис – способность распознавать информацию: читать, смотреть, слушать. За него отвечают височная, теменная и затылочная доли мозга.

Интеллект – способность к мышлению. За него отвечают в той или иной степени все отделы мозга.

Внимание — состояние сосредоточения сознания индивида на процессе отбора собственной психикой требуемой ему информации и на ходе осуществления выбора алгоритма ответных действий, предполагающее интенсификацию сенсорной и интеллектуальной активностей.

ЭЭГ остается наиболее перспективным методом в исследовании когнитивных процессов [Скворчевский, Дятлова, 2024; Козыревская, Усая, 2018]. В характеристиках ритмов ЭЭГ, зарегистрированных при

различных когнитивных нагрузках, отражаются процессы функциональной модуляции активности нейронных сетей коры, которые служат нейрофизиологической основой внимания, памяти и других когнитивных процессов.

Считалось, что бета-ритмы в норме связаны с высшими когнитивными процессами, таким как внимание, тогда как альфа ритм блокируется или ослабляется не только при открывании глаз, но и при интеллектуальной деятельности [Ритмическая... 2025]. Более поздние исследования о взаимосвязи внимания и альфа-ритма оспаривают эти представления [Долецкий и др., 2019].

Современные исследования демонстрируют, что альфа-активность не только не исчезает во время когнитивной деятельности, как предполагалось ранее, но, напротив, может усиливаться, особенно в задачах, связанных с запоминанием информации, что противоречит традиционной модели «деактивации» альфа-ритма при интеллектуальной нагрузке; усиление альфа-осцилляций, в частности в диапазоне альфа-2, наблюдается в процессе запоминания сильнее, чем при воспроизведении, что указывает на активное участие альфа-ритма в когнитивных механизмах, включая внимание и память; в этой связи гипотеза ингибирования и гипотеза активации представляют собой не взаимоисключающие, а взаимодополняющие концепции, поскольку альфа-ритм, как показали исследования, способен выполнять двойную функцию: торможение нерелевантной информации и активацию релевантной, особенно в зависимости от частотного диапазона, что требует объединения этих гипотез в единую модель, учитывающую как локализацию альфа-активности, так и её соотнесённость с нейросетями, регулирующими внимание и сознание, включая сети режима по умолчанию (DMN); таким образом, альфа-ритм функционирует как активный фильтр, адаптивно регулирующей обработку информации в зависимости от задач, а не как пассивный фон, блокирующийся при ментальной активности, что

особенно ярко проявляется в предстимульной фазе когнитивной деятельности, когда возрастает когерентность альфа-колебаний, формируя функциональную основу для предстоящей обработки информации, особенно в условиях избирательного внимания, задолго до появления стимула, на который должно быть направлено внимание; при этом фазовая синхронизация альфа-ритма между кортикальными зонами, особенно между орбитофронтальной корой и веретеновидной извилиной, играет роль в межрегиональной координации и формировании памяти, особенно при распознавании замаскированных или сложных визуальных образов, что подтверждается данными MEG и ЭЭГ; усиливающаяся альфа-активность также зафиксирована в задачах с отвлекающими факторами, при высоких уровнях концентрации и в условиях визуального поиска, где высокая альфа-мощность коррелирует с повышенной успеваемостью, тем самым опровергая идею, что только бета-ритмы отвечают за высшие когнитивные функции; критика гипотезы ингибирования как единственной модели особенно актуализируется в свете данных [Jonson. 2011], согласно которым альфа-активность возростала не в нерелевантных условиях, как предсказывалось, а при полной релевантности всей информации, что указывает на её роль в активной фильтрации, а не просто подавлении; кроме того, связь альфа-активности с DMN подчёркивает её значимость в управлении внутренними ментальными процессами, включая воображение, размышления и планирование, что нарушает традиционное понимание альфа-ритма как «отключающего» систему от внешнего мира, и требует пересмотра дуалистической модели, в которой бета считается активной, а альфа — пассивной, в пользу динамической системы, где альфа-ритм выступает активным регулятором когнитивной деятельности.

1.5. Внимание с точки зрения физиологии

Интерес физиологии к вниманию, как функции, организующей любую деятельность, имеет давние корни. И. П. Павлов объяснял внимание через призму физиологии, утверждая, что оно связано с формированием в коре головного мозга очагов повышенной активности [Сорокина, 2015; Тетенев, Степанищева, 2014]. Эти очаги возникают благодаря ориентировочному рефлексу, который он рассматривал как фундаментальный механизм запуска внимания [Сорокина, 2015]. Концепция центра повышенной возбудимости как нейрофизиологической основы концентрации сыграла значительную роль в последующих исследованиях и позволила сделать ряд ключевых заключений, однако так и не смогла до конца раскрыть его природу.

Значительный вклад в понимание нейрофизиологических основ внимания внёс А.А. Ухтомский. По его теории, возбуждение в коре головного мозга распространяется неравномерно, формируя участки с наилучшей возбудимостью, которые становятся доминирующими. Эти зоны, названные им доминантами, не только подавляют остальные очаги активности, ослабляя их влияние, но и способны усиливаться под воздействием внешних стимулов.

Согласно концепции И.П. Павлова и А.А. Ухтомского, появление внимания связано с образованием зоны повышенной активности в коре головного мозга. Работы В.М. Бехтерева, Л.А. Орбели и П.К. Анохина с использованием ЭЭГ доказали, что ключевую роль в процессах внимания играют корковые структуры головного мозга [Сорокина, 2015]. Экспериментальные данные свидетельствуют, что избирательное внимание возможно лишь при условии общего повышения активности коры. Оптимальный уровень её возбудимости обеспечивает направленный характер внимания. Формирование зоны повышенной возбудимости

объясняет способность человека фокусироваться на определённых объектах.

Эксперименты показали, что при сосредоточенной умственной работе в электроэнцефалограмме увеличивается количество высокочастотных волн (связанных с активным состоянием) и уменьшается доля низкочастотных (характерных для расслабления). Когда человек концентрируется на раздражителе, соответствующие участки коры демонстрируют усиленную электрическую активность, которая снижается при переключении внимания [Станкова, Мышкин, 2016].

Современные исследования выделяют ключевую роль фронтальных зон коры в процессе селекции информации. Нейробиологами идентифицированы специализированные клетки - так называемые "нейроны внимания" [Kim et al., 2016]. Последние исследования также выявили в глубинных структурах мозга сложную сеть взаимосвязанных нейронных скоплений и проводящих путей. Эта разветвленная система, расположенная в стволовых отделах и известная как ретикулярная формация, образует своеобразную нейронную карту, связывающую сенсорные рецепторы с корковыми центрами. Активация данной системы происходит при воздействии на органы чувств новых или неожиданных стимулов, что приводит к генерации возбуждающих импульсов в корковых структурах. Ретикулярная формация выполняет функцию "фильтра внимания", позволяя организму оперативно реагировать на малейшие изменения внешней среды. Данный нейронный комплекс представляет собой физиологическую основу ориентировочного рефлекса, обеспечивая механизм мгновенной мобилизации внимания.

Согласно точке зрения П.К. Анохина, можно полагать, что ретикулярная формация представляет собой комплекс нескольких систем, одни из которых обеспечивают активизацию ориентировочного рефлекса, другие – защитного, а третьи – пищевого. Контрольная функция внимания находит физиологическое обоснование в явлениях обратной афферентации.

Импульсы, поступающие в мозг в результате действий субъекта, дают возможность исправлять замеченные в действиях недочеты. Эти «обратные сигналы», лежащие в основе контроля и коррекции, побуждают человека к последующей деятельности.

Внимание не только формируется за счет сложного взаимодействия корковых и подкорковых структур, но и тесно связано с механизмами сенсорной обработки. Внимание взаимодействует с поступающей сенсорной информацией, а значит, задействует компоненты сенсорной системы. Кроме нисходящих и восходящих воздействий в иерархически устроенных сенсорных зонах мозга, обработка сенсорных данных регулируется подкорковыми структурами — таламусом и верхними холмиками четверохолмия. Управление информационными потоками в первичных и ассоциативных отделах коры происходит благодаря их взаимосвязанным проекциям с подушкой таламуса и соответствующими ядрами ретикулярной формации. В процессы произвольного и автоматического изменения направления взгляда включены верхние холмики четверохолмия. Точный анализ выделенных объектов в трёхмерной среде обеспечивается подушкой таламуса через её двусторонние связи с корковыми сенсорными областями.

Функция внимания подразумевает реализацию операций выбора в сенсорной модальности. Однако сенсорное событие, включающее модуляцию внимания, не может быть отделено от действия. В частности, при переключении внимания с одной части визуальной сцены на другую должны быть выполнены также и действия, связанные с ориентацией глаз и расширением зрачка. Области, входящие в состав сенсорных систем, локализующиеся в задней части коры головного мозга, имеют реципрокные внутрикортикальные связи с передними областями исполнительных систем, вовлекаемых в процессы выбора действий, необходимых для реализации детальной обработки релевантной зрительной информации. Как уже упоминалось выше, различные

механизмы выбора действий обеспечиваются фронтально распределенной исполнительной системой мозга.

Также, когда мы концентрируем внимание активизируется дорсальная сеть внимания в мозге. Дорсальная сеть внимания — крупномасштабную мозговую сеть головного мозга, которая в основном состоит из внутритеменной борозды, включает в себя лобные поля глаза [Farrant, Uddin, 2015]. Эти зоны активны, когда внимание явно или скрыто ориентированные в пространстве (Например, парадигме пространственной подсказки Познера [Поведенческие... 2025]). Относительно современные исследования, указывают на то, что мозжечок также может участвовать в этой сети [Rosen et al., 2015; Rosen et al., 2016]. Сеть принимает участие, в произвольной ориентации зрительно-пространственного внимания [Somers et al., 2016] [Rosen et al., 2015].

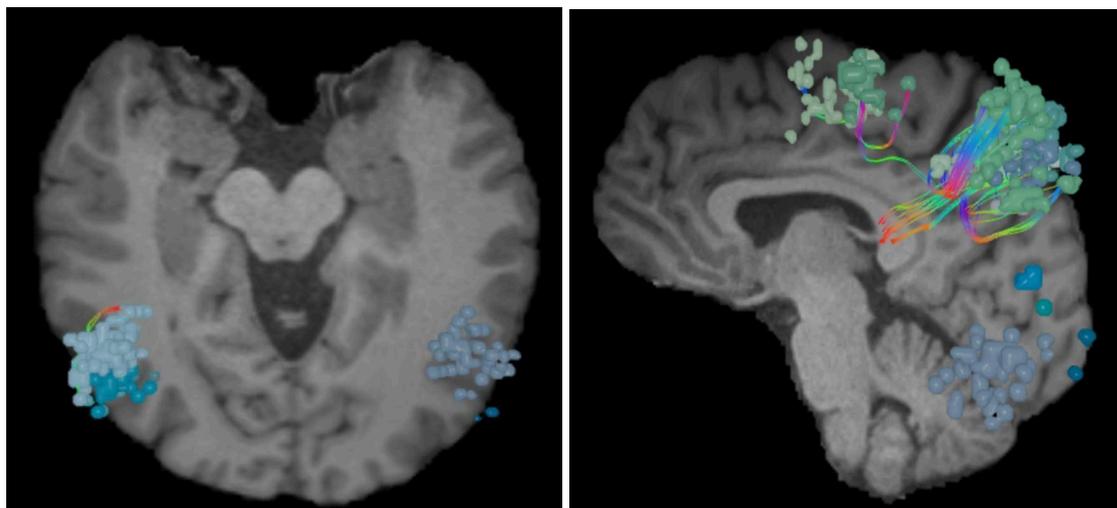


Рисунок 7 — Дорсальная сеть внимания: осевой вид – слева, сагиттальный вид - справа [Dorsal... 2025].

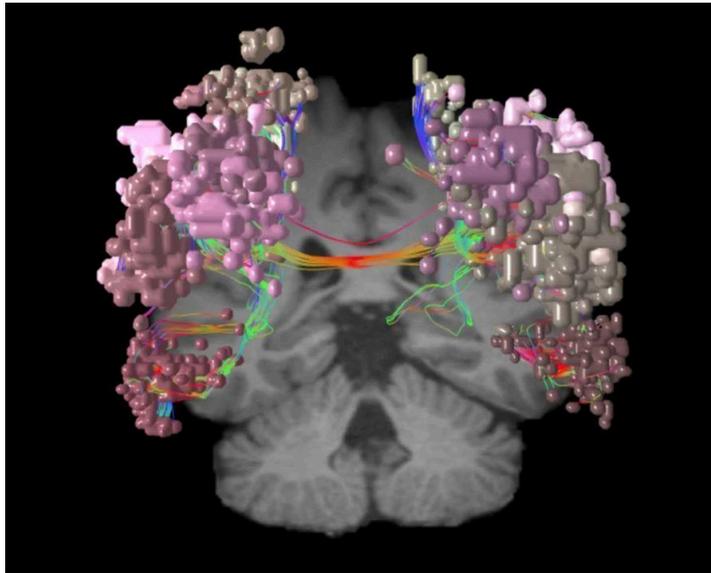


Рис. 8. Дорсальная сеть внимания: корональный вид [Dorsal... 2025]

Известна взаимосвязь дорсальной сети внимания с вентральной сетью внимания. Вентральная сеть внимания — представляет собой крупномасштабную сеть человеческого мозга, которая состоит из передней островковой доли и передней поясной коры [Peters et al., 2016; Uddin, 2019]. Восходящая (вентральная) сеть внимания обрабатывает стимул, находящийся вне поля внимания, а также низкочастотный стимул, вне зависимости от их локации, сенсорной модальности или условий задачи. [Grattom et al., 2018; Farrant, Uddin, 2015]. В большинстве исследований, направленных на выявление внимания, вызванного стимулом, демонстрируется активация височно-теменного соединения и вентральной лобной коры (включая нижнюю лобную извилину, центральную лобную извилину и префронтальную кору) в правом полушарии. Следующие исследования продемонстрировали, что активация вентральной сети внимания не зависит от специфики стимула или от типа поведенческой задачи.

Представлен схематический обзор компонентов обеих сетей, а также соединения их взаимодействий (рис. 9).

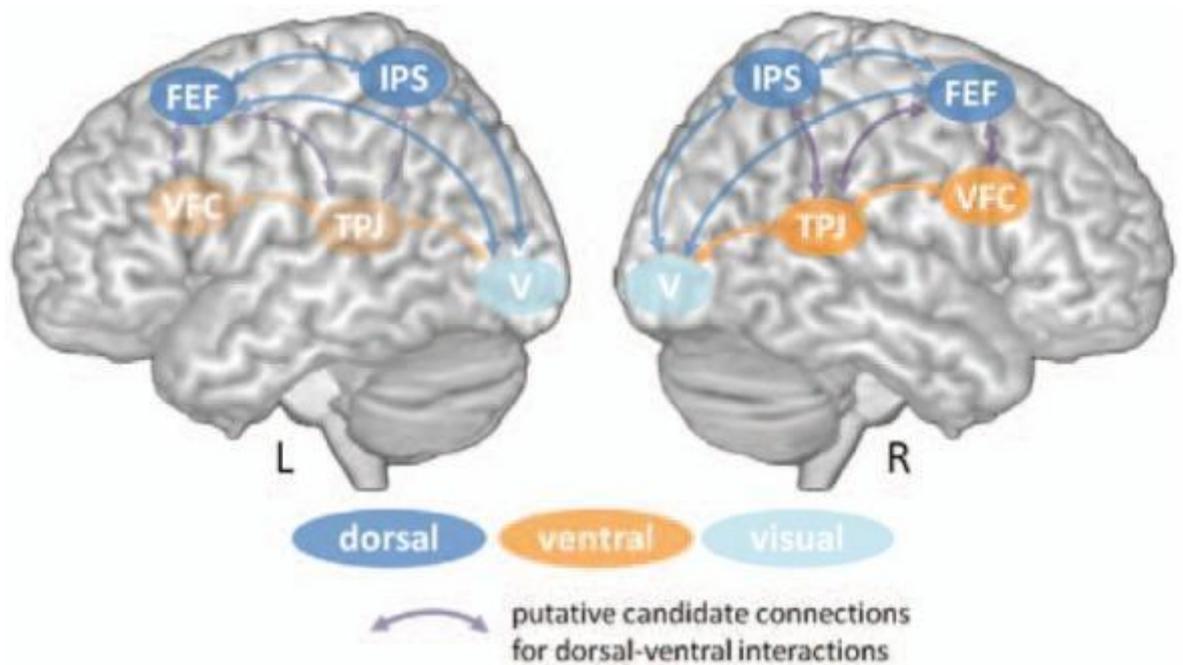


Рисунок 9 – Схематическое изображение составляющих дорсальной (синей) и вентральной (оранжевой) частей системы внимания в мозге человека. Предполагаемые внутри- и межсетевые соединения изображены двунаправленными стрелками. FEF = лобные поля глаза; IPS = внутриременная борозда; VFC = вентральная лобная кора; TPJ = височно-теменное соединение; V = зрительная кора [Simone et al., 2014].

Взаимодействие вентральной и дорсальной сети обеспечивается за счет наличия связей между височно-теменным соединением и внутри семенной борозды. Так, предположительно, участки внутри теменной борозды могут передавать височно теменному соединению информацию о поведенчески важных стимулах окружающей среды, обрабатываемых зрительной корой. Области вентральной лобной коры восходящей сети внимания могут участвовать в селекции и оценке новых сенсорных стимулов. Пока это предположение авторов остается открытым: эмпирические наблюдения взаимодействия нейронных сетей внимания привели к возникновению нескольких теорий комплексной работы системы концентрации внимания [Manini et al., 2021]. На данный момент выявлено, что вентральная сеть может деактивировать дорсальную при появлении нерелевантного, но внезапного стимула. Это подтверждает одно из исследований с использованием парадигмы Познера и анализом вызванных

потенциалов P1 ЭЭГ (индекс активации дорсальной сети). В данном эксперименте при участии 36 испытуемых было показано снижение амплитуды ВП канальной записи ЭЭГ при “неправильных” подсказках (и появлении целевого стимула с другой стороны экрана), а также при нейтральных подсказках. Так, деактивация и активация дорсальной сети зависит от того, насколько отвлекающий стимул похож на целевой [Manini et al., 2021]. Таким образом, вопрос о взаимодействии двух сетей внимания в различных условиях остается открытым.

Существуют не менее двух экспериментально подтвержденных теорий генерации альфа-волн [Basar, 2012]. Первая теория, сформулированная П. Андерсеном объясняет их генерацию с помощью пейсмейкеров альфа-ритма в таламусе. Вторая теория, представленная в работах Лопеса де Сильва, объясняет альфа-ритм фазовой синхронизацией сетей корковых пирамидных нейронов [Klimesh, 2007]. Клиmesh показал, что альфа-ритм играет ключевую роль в настройке, объединении нейронных ансамблей, работающих на разных частотах, для обращения к аппарату памяти и семантической обработки информации. При этом предполагается, что сохранение информации в памяти связано с колебаниями на тета-частоте в гиппокампально-кортикальных сетях, а воспроизведение информации из долговременной памяти связано с колебаниями на альфа-частоте в таламо-кортикальных сетях.

Современные ЭЭГ-исследования подтверждают, что амплитудно-частотные характеристики альфа-диапазона связаны с параметрами внимания. Так, снижение мощности альфа-ритма в затылочно-париетальных зонах отражает перераспределение внимания и может сопровождаться ухудшением производительности под влиянием отвлекающих факторов [Arago, 2022]. У взрослых пациентов с СДВГ, демонстрирующих аддиктивное поведение, снижение альфа-мощности коррелирует с усилением контроля и снижением числа ошибок в реактивных задачах [Gao, 2017]. Эти данные подтверждают более общий

вывод: десинхронизация альфа-ритма соответствует повышенной концентрации внимания и улучшению когнитивной эффективности.

Бета-ритм, в свою очередь, играет роль в поддержании текущего когнитивного состояния, особенно в условиях, требующих устойчивого внимания, например, при слежении за движущимися объектами. Источники бета-активности локализованы в правой дополнительной моторной коре, которая, вероятно, участвует в планировании действий. Считается, что бета-синхронизация обеспечивает возврат мозга к исходному состоянию, позволяя завершить одно когнитивное действие и подготовиться к следующему. При изменении задачи и восприятии новых стимулов бета-активность уступает место гамма-колебаниям, после чего снова усиливается для стабилизации системы [Onaya, 2025].

После открытия М. Райхлом в 2001 году [Raichle et al., 2001] сети пассивного режима работы мозга появились публикации, связывающие альфа-ритм с работой этой системы. Фазовая синхронизация работы нейронов на частоте альфа-диапазона негативно связана с изменениями в дорсальной сети внимания, которая обеспечивает внимание, направленное на определенный объект. Таким образом, при активации направленного внимания, когда испытуемому необходимо следить за представленной целью должна наблюдаться десинхронизация альфа-активности. При этом изменения в фазовой синхронизации альфа-колебаний положительно связаны с изменениями уровня насыщения крови кислородом во фронто-париетальной и цингуло-оперкулярной сетях. По-видимому, функции этих двух сетей различны: цингуло-оперкулярная сеть связана с поддержанием устойчивого контроля при выполнении когнитивных задач, а фронто-париетальная сеть обеспечивает активный, адаптивный контроль, с опорой на обратную связь. Соответственно, синхронизация альфа-ритма наблюдается в ситуации предстимульного внимания и удержания информации о целевых стимулах, а также при необходимости подавления нерелевантной информации, например, в задачах на рабочую память.

Источники активности бета-диапазона обнаружены в правой лобной области в дополнительной моторной коре, по-видимому, ответственной за планирование движений. Бета-волны играют роль механизма, который возвращает активность головного мозга к исходному состоянию, и тем самым обеспечивает возможность смены деятельности. Так, в процессах, связанных с восприятием, синхронизация на частоте бета-диапазона происходит тогда, когда требуется поддержание определенного когнитивного состояния, например, при слежении за целью. При изменении деятельности, например, восприятии нового стимула, на смену бета-активности приходит гамма-активность. Затем для возвращения к исходному уровню активности мозга необходима бета-синхронизация, что дает возможность восприятия нового стимула.

1.6. ЭЭГ в педагогике и образовании

В последние годы электроэнцефалография (ЭЭГ) активно используется в образовательных исследованиях для оценки психоэмоционального состояния учащихся, мониторинга когнитивных процессов и анализа эффективности учебных методик [Станкова, Мышкин, 2016; Костромина, 2021].

Рост интереса к нейрогаритурам в сфере образования отмечен с 2016 г [Гнедых, 2021]. С помощью ЭЭГ оценивается эффективность применения игровых методов и традиционных подходов в образовании, анализируется эффективность изучения языка [Wu et al., 2017]. Рассматривая вопрос о перспективах применения электроэнцефалографии в психолого-педагогических исследованиях, выделяют направление синтеза технологии ЭЭГ и нейросетей. Нейронные сети обучаются на примерах, не требуют описания строго формализованной задачи, способны к обобщению и извлечению существенных данных из избыточной информации [Иванов, 2023].

В последние годы в образовательных исследованиях широкое применение получили результаты ЭЭГ для оценки и мониторинга психоэмоционального состояния и когнитивных процессов, таких как внимание, расслабление и т.д.. Это одно из ключевых направлений исследований применения ЭЭГ в образовании. [Гнедых, 2021; Grattom et al., 2018; Kim et al., 2020; Биоэлектрическая... 2025]

Одним из лидеров в разработке систем мониторинга внимания в ходе учебной деятельности является тайванский научный коллектив университета Ченчи под руководством профессора Чена. Исследование с участием обширных групп студентов привело к созданию инновационной системы, которая демонстрирует высокую точность в интерпретации сигналов ЭЭГ для выявления процессов познания [Chen, Wu, 2017]. Функционирование системы базируется на сенсоре мозговой активности NeuroSky и алгоритме опорных векторов. В результате масштабных исследований с участием студентов была разработана высокоточная система распознавания когнитивных процессов на основе анализа ЭЭГ-сигналов [Chen, Wu, 2015]. Система использует нейрогарнитуру NeuroSky и метод опорных векторов для машинного обучения, классифицируя мозговые волны (альфа, бета, гамма, тета, дельта) с помощью дискретного вейвлет-преобразования. Разработанная технология успешно интегрируется с электронными образовательными ресурсами, такими как системы видеолекций [Тиганов и др., 1999, с. 125]. Исследования показали, что альфа- и тета-ритмы наиболее информативны для оценки когнитивной активности, тогда как бета-волны не оказывают существенного влияния на процессы обучения. На основе исследования коллектива Ченчи нами было разработано собственное исследование с использованием теста Анфимова и нейрогарнитуры ViTronics.

1.7. Регистрация ЭЭГ в режиме реального времени с помощью нейрогарнитур и ее применение в сфере образования

Особое место в изучении когнитивных процессов занимают нейрогарнитур — разновидность приборов для записи ЭЭГ, предназначена для удобного съема сигнала электрической активности мозга с поверхности головы и передачи ее на компьютер или устройство его заменяющее [Орлова, 2015]. Нейрогарнитуры функционируют на сухих электродах. Такая разработка сделала возможным самостоятельное применение гарнитуры здесь и сейчас, без проводников типа геля или физраствора, обычными пользователями. С помощью нейрогарнитуры биопотенциалы мозга регистрируются в режиме реального времени. Регистрация различных диапазонов частот осуществляется посредством монополярного отведения (разность потенциалов в нескольких точках мозга регистрируется по отношению к одной его области) (рис. 11, 12) Самыми известными нейрогарнитурами на рынке являются NeuroSky и Emotiv, их эффективность в образовательных исследованиях подтверждена работами [Sanchit, Bhanu, 2024; Xu, Zhong, 2018]



Рисунок 11 – Нейрогарнитуры: Neurosky MindWave Mobile (3 электрода) – слева; Emotive Epos (14 электродов) – справа [Нейрогарнитура... 2025].

Нейрогарнитуры имеют ряд преимуществ, в сравнении с другими разновидностями ЭЭГ [Нейрогарнитура... 2025]: нормально выглядит то что ниже?

1) Обработка сигналов в режиме реального времени. В классической же энцефалографии сигнал записывается, потом в офлайн-режиме очищается от артефактов и шумов. Сессия обрабатывается различными алгоритмами, и из сигналов вычленяется полезная информация;

2) Компактность и мобильность (нейрогарнитура по сравнению с другими разновидностями ЭЭГ имеет меньшие размеры, состоит из легких материалов и удобного крепления, способна записывать данные на расстоянии – беспроводная связь);

3) Доступность (нейрогарнитура распространена на потребительском рынке, является дешевым портативным устройством);

4) Применение в различных областях (любительский и исследовательский уровни);

5) Возможность синхронизации с различными техническими устройствами (ПК, транспортные средства, протезы, электротехника, бытовые приборы);

6) Быстрая настройка (возможность быстро расположить электроды и сократить время настройки, благодаря тому что электроды прикреплены к шапочке (шлему)..

Глава 2. Регистрация и анализ ЭЭГ с помощью нейрогарнитуры BiTronics

Нейрогарнитура BiTronics входит в состав цифрового учебно-лабораторного комплекса, разработанного компанией «лаборатория по нанотехнологиям BiTronics Lab», организованной в 2015 году выпускниками Московского физико-технического института [Лаборатория... 2025]. Научно-технологическим партнером проекта является Лаборатория прикладных кибернетических систем МФТИ. В России BiTronics Lab лидер в создании инновационных образовательных продуктов для студентов и школьников, изучающих естественнонаучные науки, биотехнические системы и нейротехнологии, имеет победы во всероссийском конкурсе Агентства Стратегических Инициатив и Ассоциации участников рынка артиндустрии на лучшее учебное оборудование для проектной и исследовательской деятельности школьников.

Нейрогарнитура BiTronics включает 2 измерительных электрода и опорный или референтный электрод, располагающийся на мочке уха, измерительный электрод располагали по центру переднелобной области Fr. Биполярным называют отведение, при котором к положительной и отрицательной входным клеммам электроэнцефалографического усилителя подсоединяют электроды, стоящие над мозгом [Биполярное... 2025]. Как и в случае монополярного отведения регистрируемый показатель зависит от уровня потенциала под каждым из пары электродов, и регистрируемая кривая отражает по существу алгебраическую сумму колебаний электрического потенциала под двумя электродами. В отличие от монополярного отведения суждение о форме колебания под каждым из электродов на основе биполярного отведения оказывается невозможным, поскольку под каждым из них происходит колебательное изменение потенциала.

Таким образом, нейрогарнитура ViTronics позволяет одновременно регистрировать активность только с одной зоны коры, изучать ее временную динамику. Регистрация происходила по центру переднелобной области, с помощью измерительного электрода. Референтный электрод располагался на мочке уха



Рисунок 12 – Нейрогарнитура ViTronics [Бережной. 2021. с. 176]

При записи ЭЭГ важно учитывать, что в ободок вмонтированы сухие электроды, которые должны соприкасаться с кожей. Поэтому важно убрать волосы и обеспечить плотное прилегание электродов к коже, в тоже время не рекомендуется при сильном затягивании ободка обследуемые жалуются на болезненные ощущения вплоть до повреждения кожи. В инструкции к нейрогарнитуре описана запись альфа и бета ритмов в затылочной коре при закрытых и открытых глазах. Когда глаза открыты, зрительная кора в затылочной доле мозга обрабатывает большое количество информации, поэтому нейроны активируются хаотично и не синхронно. Из-за этого их суммарная электрическая активность невелика (сигналы отдельных нейронов

компенсируют друг друга), а общей частоты работы нет. Поэтому с открытыми глазами наблюдается десинхронизированная ЭЭГ, которая представлена в большей части бета-ритмом. Когда глаза закрыты, обследуемый не получает зрительную информацию, расслабляется, и нейроны начинают работать синхронно с близкими частотами, поэтому сигнал имеет большую амплитуду и низкую частоту. Эти закономерности воспроизводились, на спектре ЭЭГ студентов с закрытыми глазами воспроизводился указанный в инструкции диапазон частот 8–13 Гц, соответствующий альфа-ритму. Практически всегда видны веретена альфа-ритма: из-за близких частот активации нейронов возникают «биения» сигнала ЭЭГ, которые проявляются в виде веретенообразных комплексов большой амплитуды и низкой частоты.



Рисунок 13 – Процесс записи ЭЭГ с нейрогарнитурой ViTronics

В дальнейших экспериментах нас интересовали события, связанные с процессами селективного внимания, поэтому электроды располагали в переднелобной области.

Программное обеспечение BiTronics Studio делает возможным полноценный спектральный анализ ЭЭГ. На рис. 14 представлено окно программы BiTronics Studio. В верхней части окна программы транслируется необработанный фрагмент записи ЭЭГ, на котором можно выделять безартефактные участки записи – эпохи. Каждая эпоха фиксируется на 10 сек. В правом нижнем углу рассчитанные программой средние значения амплитуд альфа и бета ритмов, в левом нижнем углу зависимость между амплитудой и частотой – спектр ЭЭГ. По спектру мы выделяется частота, соответствующую средней амплитуде ритма.

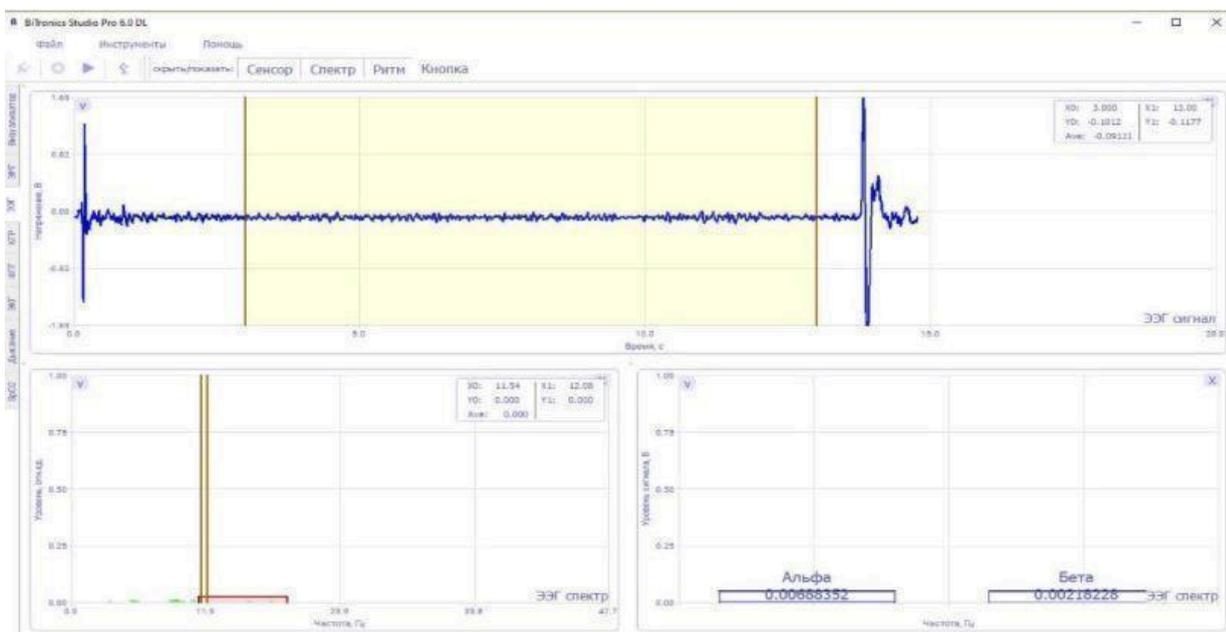


Рисунок 14 – Спектральный анализ в программе BiTronicsStudio

При осуществлении записи ЭЭГ возможны артефакты (см. рис. 14. краткосрочное высокоамплитудное колебание электрического сигнала вне желтой области). К артефактам относится любая регистрируемая в канале ЭЭГ разность потенциалов экстрацеребрального происхождения или любое изменение ЭЭГ-сигнала, вызываемое внемозговыми факторами, такими как: окружающие мозг ткани и другие органы, инструментальные помехи или сбой, ошибки оператора и прочее.

Артефакты на ЭЭГ сигналах по своему происхождению принято разделять на две группы — физические (экстрафизиологические), которые исходят из внешней среды (например, электросеть или приборы), и физиологические (биологические), генерируемые телом пациента (например, мышцами) [Артефакты, 2020]. Физические артефакты, как правило, обусловлены нарушениями технических правил регистрации ЭЭГ и представлены несколькими видами электрографических феноменов, возникающих под влиянием внешних воздействий. Иногда такой «шум», например, от сетевой наводки, колебания проводов или смещения электродов на коже, может быть похож на какие-то процессы в мозге, что затрудняет интерпретацию ЭЭГ. Один из наиболее значимых источников артефактов — сокращения мышцы, которые также являются возбудимыми тканями и генерируют значительные изменения потенциала. Например, сокращение жевательных мышц будет давать острые пики на записи ЭЭГ, похожие на активность нейронов при эпилепсии [Александров, 2017, с. 55].

Чтобы уменьшить появление артефактов в записи, тщательно готовили рабочее место, проверяли положение проводов, исключая их задевание друг за друга. Обследуемый располагался в кресле перед письменным столом так, чтобы исключить задевание телом за провода и другие элементы установки. В краткой инструкции перед началом регистрации обследуемого просили не делать резких движений, не разговаривать во время опыта. Девушек просили снять украшения с ушей.

Глава 3. Электрическая активность переднелобной коры больших полушарий в динамике умственной деятельности

Изучение связей электрической активности мозга с успешностью когнитивной деятельности – актуальная задача для нейрофизиологии и для развивающихся нейротехнологий мониторинга когнитивных процессов обучающихся во время учебных занятий. Целью экспериментов был анализ амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ обучающихся и их сопоставление с параметрами внимания в условиях умственной деятельности. Деятельность представляла выполнение обучающимися корректурной буквенной пробы Анфимова (тест Анфимова). Тест традиционно используется для оценки параметров внимания, подвижности нервных процессов и умственной работоспособности [Ситдииков и др, 2019, с.19]

Объект и методы исследования В эксперименте приняли участие 11 женщин и 4 мужчин в возрасте от 16 до 28 лет. Исследования проведены на базе педагогического кванториума им. Л.В. Киренского при КГПУ им. В.П.Астафьева с 8.30 до 12.00 до учебных занятий. ЭЭГ анализ выполнялся с помощью нейрогарнитуры ViTronicsLab (ООО Битроникс, Долгопрудный). Измерительный электрод устанавливался в центре переднелобной области Fp [Система... 2025]. ЭЭГ записывалась в положении сидя с открытыми глазами в течение 4 мин перед работой и в течение 8 мин работы с тестом Анфимова [Ситдииков и др, 2019, с.53]. Работа проводилась в спокойной обстановке (4 мин) и при включении звукового фона (передачи федеральных телеканалов). Спектральный анализ ЭЭГ выполняли на трех 10-с безартефактных эпохах: в начале работы, по завершении 2-й и 4-й мин работы. Регистрировали средние амплитуду и частоту альфа- и бета-ритмов. В тесте Анфимова обследуемые в течение 2 мин находили, просматривая построчно буквенную таблицу 2 буквы (буквы интереса), например, «и» и «х» и вычеркивали их. В течение следующих 2 мин обследуемые выполняли 2 операции, либо вычеркивали те же буквы, либо подчеркивали их в зависимости от предшествующей буквы

(Приложение В). Таким образом, вторая часть теста представляет задание на дифференцировочное торможение и удобна для проверки подвижности нервных процессов и распределения внимания.

По результатам теста Анфимова оценивали объем, концентрацию и распределение внимания [Станкова, Мышкин, 2016]. Объем внимания был пропорционален количеству просмотренных знаков, концентрация внимания была обратно пропорциональна количеству ошибок. Распределение внимания оценивали по коэффициенту подвижности нервных процессов (Кп). Кп рассчитывали путем значимость различий между показателями до и во время работы оценивали с помощью критериев Манна и Уитни, для корреляционного анализа использовали критерии Спирмена.

Объект и методы исследования В эксперименте приняли участие 11 женщин и 4 мужчин в возрасте от 16 до 28 лет. Исследования проведены на базе педагогического кванториума им. Л.В. Киренского при КГПУ им. В.П.Астафьева с 8.30 до 12.00 до учебных занятий. ЭЭГ анализ выполнялся с помощью нейрогарнитуры ViTronicsLab (ООО Битроникс, Долгопрудный). Измерительные электроды устанавливались в переднелобной области Fp [Система... 2025]. ЭЭГ записывалась в положении сидя с открытыми глазами в течение 4 мин перед работой и в течение 8 мин работы с тестом Анфимова [Ситдииков и др, 2019, с.53]. Работа проводилась в спокойной обстановке (4 мин) и при включении звукового фона (передачи федеральных телеканалов). Спектральный анализ ЭЭГ выполняли на трех 10-с безартефактных эпохах: в начале работы, по завершении 2-й и 4-й мин работы. Регистрировали средние амплитуду и альфа- и бета-ритмов. Работа включала выполнение (корректирующей буквенной пробы Анфимова (тест Анфимова). Тест Анфимова, используемый в психологии и психофизиологии, предназначен для исследования внимания. Таблица Анфимова представляет бессмысленную последовательность букв. Обследуемый, последовательно просматривая строки таблицы в течение первой половины работы, должен находить и вычеркивать 2 определенные буквы. Во второй половине работы

обследуемому приходится выполнять два разных действия – подчеркивание или вычеркивание буквы в зависимости от того в сочетании с какой буквой (тормозным агентом) она находится в таблице. Инструкция для обследуемого находится в приложении В.

По результатам теста Анфимова оценивали объем и концентрацию внимания по количеству просмотренных знаков и ошибок соответственно [Станкова, Мышкин, 2016], распределение внимания по коэффициенту подвижности нервных процессов (Кп). Кп рассчитывали путем деления общего количества знаков на количество знаков во второй части работы. Чем легче обследуемому дифференцировать буквы интереса в разных сочетаниях с буквами – тормозными агентами, тем объем второй части работы будет меньше отличаться от объема первой части. Поэтому распределение внимания рассматривалось более высоким, при приближении Кп к 2. Значимость различий между показателями ЭЭГ и между показателями теста до и во время работы оценивали с помощью U-критерия Манна и Уитни, для корреляционного анализа использовали критерии Пирсона и Спирмена.

Результаты исследования

Средние значения альфа и бета-ритмов в переднелобных отведениях, представленные в таблице 1 близки к значениям, указываемым в публикациях [Куликов и др, 2020].

Таблица 1 – Средние значения показателей альфа и бета-ритмов по всему периоду регистрации (3 эпохи)

Условия регистрации	Средняя амплитуда альфа-ритма, мкВ	Средняя амплитуда бета-ритма, мкВ	Средняя частота альфа-ритма, Гц	Средняя частота бета-ритма, Гц
в покое	5,81±1,71	3,01±1,00	9,64±0,89	18,16±3,11
Тест Анфимова 1 часть	7,71±2,06+	3,06±0,80	9,25±1,06	17,23±2,44
Тест Анфимова, 2 часть	7,71±2,40+	3,17±1,25	9,44±1,00	17,71±2,09

Примечание. Результаты представлены как $M \pm m$. Статистическая значимость различий между показателями в покое и при работе по критерию U- Манна и Уитни - +

Не выявлено статистически значимых различий по показателям ЭЭГ и теста Анфимова между старшеклассниками и студентами, между мужчинами и женщинами, поэтому обследуемые разного пола и возраста объединялись в одну выборку. Средняя амплитуда альфа до работы была ниже, чем при выполнении теста Анфимова ($p < 0,05$) (табл. 1, рис. 16). Различия между работой без звуковых помех и с ними, а также между эпохами в каждой группе данных отсутствовали. По-видимому, увеличение средняя амплитуда альфа отражает активацию внимания при работе. Значения других показателей не изменялись в ходе работы. В условиях помех в 1-й эпохе регистрировалась повышенная средняя амплитуда бета ($p = 0,0002$).

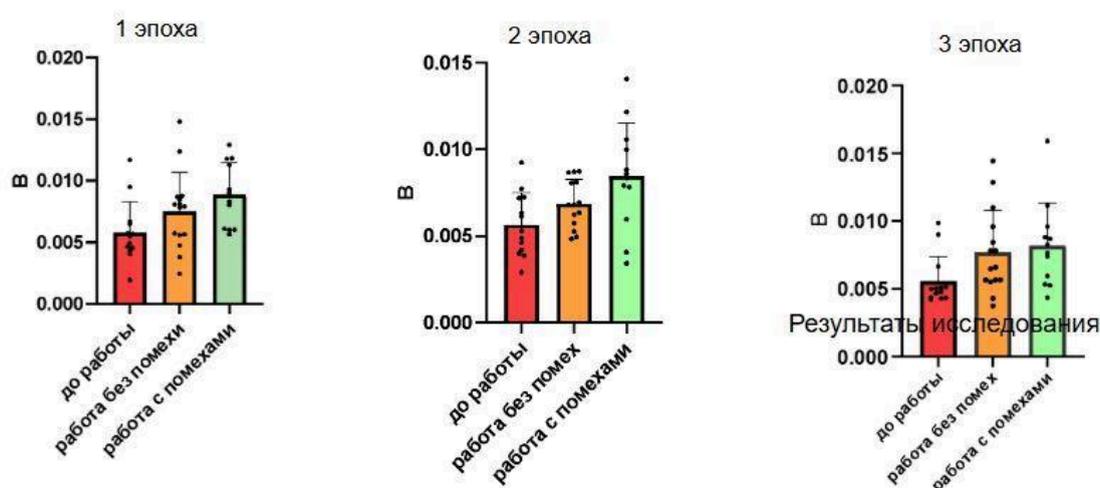


Рисунок 15 - Средняя амплитуда альфа-ритма до и во время работы

При сопоставлении показателей ЭЭГ и теста Анфимова с помощью корреляционного анализа, было установлено что количество ошибок положительно коррелирует со средней амплитудой альфа-ритма на 1 этапе работы, т.е. без звуковых помех. Поскольку количество ошибок – величина обратная концентрации внимания, можно сказать, что у обследуемых с более высокой амплитудой альфа-ритма концентрация внимания будет слабее. Похожий результат получен Станковой, но ошибки в тесте Анфимова

обследуемых сопоставлялись с присущей им амплитудой альфа-ритма в нерабочем состоянии.

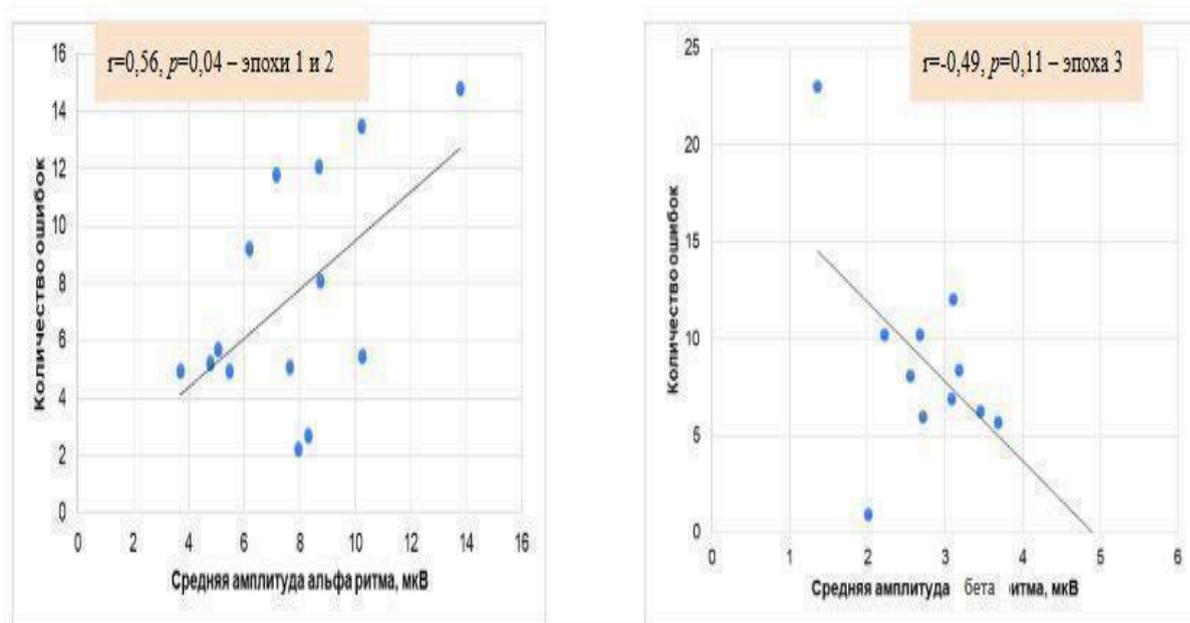


Рисунок 16 – Зависимость между количеством ошибок и средними амплитудами альфа- и бета-ритмов. Слева - при работе без звукового фона, справа - со звуковым отвлекающим фоном

В условиях звуковых помех зависимость между альфа-ритмом и ошибками исчезала. Проявилась связь средней силы с амплитудой бета-ритма, но статистически не значимая и статистически значимая связь с частотой бета-ритма, т.е. чем выше частота бета-ритма и меньше его амплитуда тем больше ошибок и, следовательно слабее концентрация внимания.

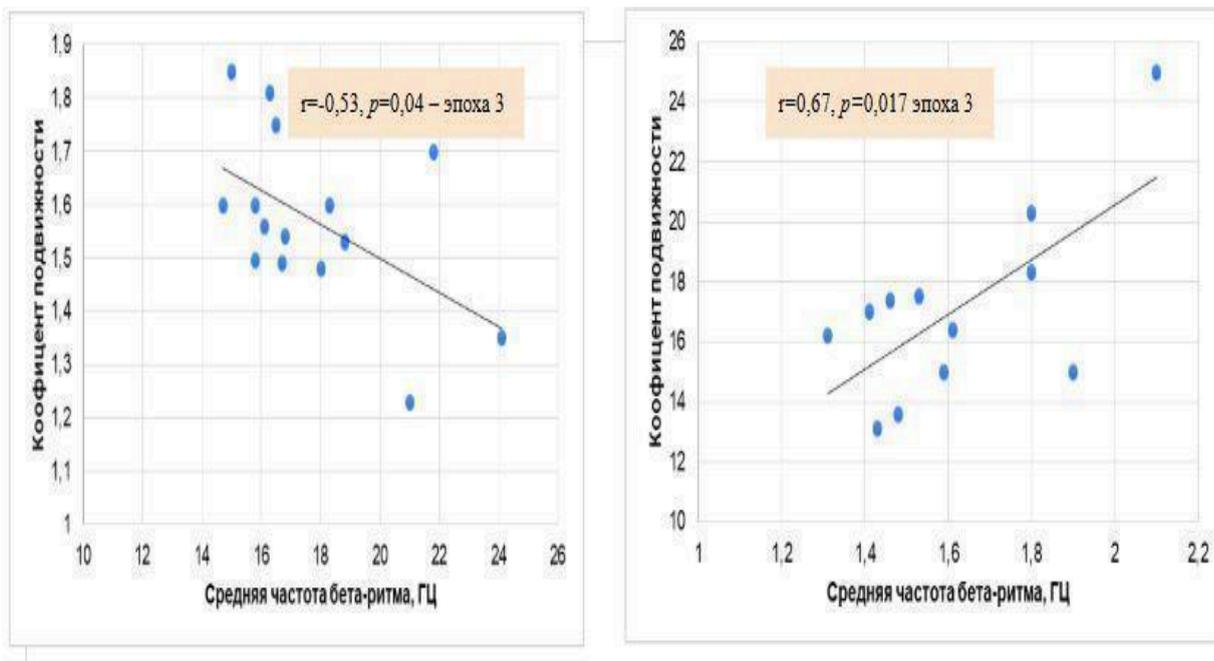


Рисунок 17 – Зависимость между величиной коэффициента подвижности нервных процессов и средней частотой бета-ритма. Слева — работа в спокойных условиях, справа — в условиях отвлекающего звукового фона

Был проанализирован коэффициент подвижности нервных процессов. Коэффициент подвижности нервных процессов, измеряемый с помощью теста Анфимова, отражает скорость и гибкость нервных процессов в мозге, отвечающих за внимание, восприятие и переработку информации. Высокий коэффициент означает более быструю и гибкую работу нервной системы, а низкий – более медленную и менее гибкую. Кп отрицательно коррелировал с средняя частота-бета при работе без помех ($r = -0.58$, $p = 0.03$ – эпоха 1 ; $r = -0.53$, $p = 0.04$ – эпоха 3), но в условиях помех эта связь менялась на противоположную ($r = 0.54$, $p = 0.068$ эпоха 2; $r = 0.67$, $p = 0.017$ эпоха 3)

В ходе анализа, можно сделать вывод, что при спокойной работе

легче концентрировать внимание и меньше допускать ошибок лицам с меньшей средней амплитудой альфа-ритма, а распределение внимания на второй стадии теста анфимова, где идет дифференцировка, тем выше, чем ниже частота бета-ритма

В условиях звуковых помех ошибок тем меньше, чем больше амплитуда бета ритма и меньше его частота, т.е. чем ближе он к альфа-риму. А распределение внимания, оцениваемое по коэффициенту подвижности, тем лучше, чем выше частота бета ритма.

Таким образом, установленный в нашей работе факт повышенной амплитуды альфа-ритма во время выполнения теста Анфимова по сравнению с периодом отсутствия деятельности согласуется с результатами последних лет [Долецкий, 2019], объясняется его важной ролью 1) в торможении зон коры, занятых обработкой нерелевантной информации; 2) в сонстройке нейронных ансамблей, обращающихся к краткосрочной памяти. В тоже время у обследуемых, демонстрирующих более высокие значения амплитуды альфа-ритма, судя по увеличенному количеству ошибок, концентрация селективного к буквам интереса внимания была ниже. Можно предположить существование верхней границы оптимальной для интеллектуальной деятельности синхронизации альфа-ритма. Наше предположение согласуется с ранее описанным негативным влиянием чрезмерной фазовой синхронизации работы нейронов на частоте альфа-диапазона на дорсальную сеть внимания, направленного на определенный объект [Raichle et al., 2001] . В условиях действия отвлекающих факторов успешность выполнения задания выше у обследуемых с повышенными значениями амплитуды, но пониженными значениями частоты бета-ритма. Вероятно, это объясняется установленной ролью бета-волн в возвращении к оптимальному для данной деятельности состоянию дорсальной сети внимания [Долецкий, 2019]. В литературе относительно мало сведений о работе сетей внимания при выполнении

заданий на дифференцировку стимулов. Поэтому заслуживает дальнейшего изучения обнаруженный в нашей работе факт изменения знака зависимости индивидуальных значений коэффициента подвижности нервных процессов от частоты бета-ритма при выполнении заданий в условиях действия отвлекающих факторов.

Глава 4. Тематика и содержание исследовательских проектов обучающихся по физиологии внимания с использованием нейрогарнитур

По результатам проведенного экспериментального исследования определилась тематика исследовательских проектов обучающихся по нейрофизиологии. Предлагаемые темы являются продолжением начатых нами экспериментов. Разнообразить виды исследований в рамках предлагаемых проектов можно за счет изменения положения регистрирующих электродов, в частности в связи с сообщениями о роли альфа-ритма в процессах запоминания и актуализации информации из памяти можно добавить положение электродов, соответствующие теменной или верхневисочной коре.

Проект 1. Индивидуальные особенности спектра волн ЭЭГ и параметров внимания

Планируется определение средней и максимальной амплитуды. Средней и максимальной частоты, возможно, индекса ритма спектра волн ЭЭГ и показателей теста Анфимова с увеличением количества обследуемых, проведение корреляционного анализа.

Проект 2 Влияние отвлекающих факторов на амплитудно-частотные характеристики ЭЭГ

Проект 3 Электроэнцефалографический анализ периодов спокойного бодрствования и учебной деятельности старшеклассника.

В последние годы в КГПУ им. В.П. Астафьева активно развивается направление работы с педагогическими коллективами школ города и края в рамках научно-внедренческих площадок (НВП). Научно-внедренческая площадка – это база для проведения педагогических экспериментов по внедрению новых образовательных технологий, методик, программ и моделей обучения. На кафедре биологии, химии и методики работает НВП с МБОУ СШ №62. Обучающиеся профильного естественнонаучного класса

на базе лабораторий кафедры они выполняют исследовательские проекты. Анализ работы НВП показывает изначально низкий уровень знаний, недостаточный для качественной работы над проектом. Поэтому в рамках подготовки к проектной деятельности можно рассматривать короткие циклы занятий, связанных с тематикой проектов. проведение нескольких занятий по физиологии позволяет подтянуть уровень обучающихся для

4.1. Анализ знаний обучающихся 10 классов психолого-педагогического и естественно-научного профиля по анатомии головного мозга и физиологии высшей нервной деятельности

В цикле по физиологии, начиная с 2023-24 учебного года, включены занятия по анатомии спинного и головного мозга с использованием препаратов анатомического музея и занятие по физиологии высшей нервной деятельности. Перед проведением этих занятий для выявления уровня знаний обучающихся им был предложен тест, который содержал 13 вопросов по теме физиологии (приложение А). В решении теста участвовало 10 обучающихся. По результатам теста установлено, что уровень знаний обучающихся низкий (табл 1). Только половина обучающихся правильно отвечала на вопросы, касающиеся строения сегмента спинного мозга, строения нейрона. Еще слабее знания были по анатомической локализации, функциям головного мозга и особенно по вопросам природы нервного импульса, методам изучения работы головного мозга Поэтому было разработано занятие по электрофизиологии с использованием инструментария технопарка на базе кванториума.

Таблица 1 – Динамика уровня знаний по нейрофизиологии в ходе физиологического цикла занятий

Вопросы	Максимальное Количество баллов по разделам теста	Среднее количество баллов (процент), набранное школьниками на констатирующем этапе	Среднее количество баллов, набранное школьниками на формирующем этапе
Анатомия и физиология спинного мозга	3	2 (67)	3 (100)
Анатомия и физиология головного мозга	3	1 (33)	3 (100)
Клеточное строение нервной системы	3	1 (33)	2 (67)
Методы изучения мозга	3	1 (33)	3 (100)

Статистический анализ проводился с использованием непараметрического критерия Манна и Уитни. Как мы можем видеть из таблицы, процент правильных ответов на вопросы в среднем увеличился на 59%.

4.2. Разработка занятия по ЭЭГ для обучающихся старших классов МБОУ средней школы №62 на базе кванториума им Л.В. Киренского КГПУ им. В.П. Астафьева

Цель занятия – знакомство обучающихся с основным методом изучения функциональной активности головного мозга – электроэнцефалографией (ЭЭГ).

Задачи:

1. Объяснить обучающимся роль электрических потенциалов в нормальном функционировании нейрона, основы метода ЭЭГ

2. Научить регистрировать ЭЭГ с помощью датчика цифровой лаборатории ViTronics и выявлять на записи ЭЭГ разные типы электрических волн

1. Ход занятия

Занятие начинается с теоретического объяснения основ работы головного мозга и его электрической активности. Учащиеся ознакомятся с принципами электрической активности нейронов, синхронизацией нейронных ансамблей, методом электроэнцефалографии (ЭЭГ):

Нейрон — Это клетка, которая самостоятельно или в ответ на приходящие нервные импульсы способна генерировать электрический ток, т. е. нервный импульс. От тела клетки (сомы) отходит длинный отросток — аксон, по которому нейрон посылает свой импульс, а древовидные отростки — дендриты — служат для приема импульсов извне. С помощью электрических импульсов нейроны «общаются» друг с другом и способны воздействовать на другие клетки, например, заставлять мышечные сокращаться. Каждый из миллиардов нейронов, составляющих головной мозг, имеет на мембране отрицательный электрический потенциал [Иванов, 2020, с. 4]. При возбуждении потенциал сдвигается в положительном направлении (деполяризация), при торможении становится более отрицательным (гиперполяризация). Эти изменения потенциала составляют несколько милливольт мВ. Для отдельно взятого нейрона это очень значимые изменения, однако зарегистрировать их снаружи клетки не так-то просто. Для этого нейрофизиологи используют специальное оборудование и очень тонкие электроды, которые можно вживить в мозг и подвести прямо к интересующему нейрону. При условии, когда большая группа нейронов изменяет свою активность синхронно — тогда изменения потенциала суммируются и уже становятся заметными даже на поверхности черепа. Такое синхронное возбуждение часто происходит в коре головного мозга за счет ее особого строения: плотного расположения

нейронов в виде горизонтальных слоев. В результате постоянного притока информации от органов чувств в кору головного мозга нейроны становятся на короткий промежуток времени активными, возбужденными, а после этого так же все вместе переходят в состояние торможения. Когда много нейронов в определенных областях коры синхронно изменяют свой заряд, это называется синхронизацией. Противоположный процесс, когда нейроны работают вразнобой — десинхронизацией. Синхронизированную (одновременную) ритмическую активность в мозге можно наблюдать как в состоянии глубокого сна, так и при обработке большими группами нейронов внешних стимулов от органов чувств. Ритмичная работа является одним из фундаментальных свойств функционирования нервной ткани, позволяет мозгу осуществлять слаженную деятельность и даже рассматривается как возможная основа возникновения сознания. [Аликина и др., 2016]

Во второй части занятия в рамках изучения методов регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ) учащиеся были ознакомлены с современным оборудованием, предоставленным компанией ViTronics Lab на базе технопарка "Кванториум" КГПУ.

Обучающиеся под руководством преподавателя собирали экспериментальную установку, выполнили записи ЭЭГ. Сначала школьники визуально убедились в наличии на записи фрагментов с более высокой амплитудой и сниженной частотой (альфа-ритм) и фрагментов с более низкой амплитудой и высокой частотой. Для количественного анализа записи ЭЭГ во вкладке в нижнем правом углу регистрировали среднюю амплитуду альфа и бета-ритмов. На вкладке в нижнем левом углу находили доминирующие частоты альфа и бета ритмов. Сравнивали записи с лобного и затылочного отведения, должны были при этом убедиться в доминировании бета ритма в лобном отведении и альфа-ритма в затылочном отведении.

Для закрепления пройденного материала учащимся были подготовлены и заданы вопросы:

1. Что такое “одно отведение” при регистрации ЭЭГ?
2. Какой процесс в мозге отражают ритмы на ЭЭГ?
3. Как связана активность головного мозга и частота наблюдающихся в ЭЭГ ритмов?
4. Что отражает спектр сигнала ЭЭГ? Чему соответствует обозначение Гц в спектре?

По завершении физиологического цикла занятий повторяли входное тестирование. Установлено, что уровень знаний школьников по вопросам нейрофизиологии повысился. В частности, число правильных ответов на вопросы выросло с 4 до 14, процент правильных ответов на вопросы вырос приблизительно на 59%.

Стоит отметить живой интерес обучающихся к освоению цифровой лаборатории, выполнению работы, результатам. Часть обучающихся пытались проявить инициативу и проверить собственные гипотезы о влиянии на ЭЭГ музыкальных звуков, телеэфира и др., обращались с просьбой выполнить исследовательский проект.

4.3. Научно-исследовательский проект «Электроэнцефалографический анализ процессов спокойного бодрствования и умственной деятельности»

Исследовательский проект выполнялся обучающейся 10 класса МБОУ СШ 62. Перед началом работы с обучающейся была подготовлена пояснительная записка с постановкой цели и задач работы, литература для обучающейся. Совместно с обучающейся при первой встрече был составлен предварительный план работы над проектом (табл).

4.3.1 Пояснительная записка к исследовательскому проекту по теме «Электроэнцефалографический анализ процессов спокойного бодрствования и умственной деятельности»

Среди разнообразных методов нейробиологии и нейротехнологий электроэнцефалография (ЭЭГ) является наиболее доступным и популярным методом оценки функционального состояния головного мозга по его электрической активности. ЭЭГ – неинвазивный метод регистрации и анализа биоэлектрических потенциалов коры головного мозга с поверхности черепа. На записи электроэнцефалограммы можно выделить 5 типов электрических волн: альфа, бета, гамма, тета и дельта, различающихся по амплитуде и частоте. Спектр волн ЭЭГ изменяется при патологиях мозга и используется в медицинской диагностике. В последние годы установлено влияние на частоту и волн ЭЭГ разных форм деятельности, поэтому этот анализ все чаще массово применяется в различных не связанных с медициной сферах: экономике, медицине, образовании, разработке компьютерных игр, индустрии развлечений и т.д. [Fontanillo et al., 2020; Somers et al., 2018; Гносян, Акобян, 2024]

В образовании ЭЭГ все чаще используется для мониторинга и анализа когнитивных процессов обучающихся во время образовательного процесса [Максимова, Этуев, 2023]. Для массовых анализов вместо традиционных электроэнцефалографов используются нейрогарнитуры. В России одна из таких нейрогарнитур ViTronics Lab с программным обеспечением разработана в московском физико-техническом институте. С помощью данных исследований появилась возможность наиболее адекватным образом оценить образовательный процесс.

Гипотеза:

Амплитудно-частотные характеристики альфа и бета ритма различаются в условиях спокойного бодрствования и при умственной деятельности

Цель: определить амплитудно-частотные характеристики ЭЭГ у испытуемых в условиях спокойного бодрствования и во время умственной деятельности

Задачи:

- 1) Изучить литературу по теме исследовательской работы
- 2) Освоить методику регистрации и анализа ЭЭГ с помощью цифровой лаборатории ViTronics
- 3) Получить данные по амплитуде и частоте волн ЭЭГ у старшеклассников во время спокойного бодрствования и при работе над тестом Анфимова
- 4) Подготовить доклад и презентационный материал к защите проекта

Таблица 2 – План сопровождения индивидуальной учебно-исследовательской деятельности обучающейся в рамках проектной деятельности

Составление списка рекомендованного материала для изучения темы
Проведение диагностической беседы для анализа уровня усвоения материала
Обучение обучающиеся работе с оборудованием ViTronics Lab в технопарке
Анализ полученных данных с использованием программы Excel — обсуждение полученных данных
Подготовка обучающегося к защите индивидуально проекта
Самостоятельная подготовка обучающейся доклада: оформление научного отчёта и разработка презентационного материала по результатам экспериментальной работы

Мною была организована поэтапная работа по изучению темы, начиная с составления списка рекомендованной литературы и других материалов для углублённого ознакомления [Бережной. 2021; Биоэлектрическая... 2025; Ритмическая... 2025; Ритмы... 2025] . После

этого была проведена диагностическая беседа, чтобы оценить уровень усвоения теории и скорректировать дальнейшую программу обучения. Следующим этапом стало практическое знакомство обучающейся с оборудованием Vitronics Lab в технопарке: ей были продемонстрированы основные принципы работы с датчиками и программным обеспечением, после чего был проведён ряд экспериментов. Полученные данные мы совместно проанализировали в программе Excel, обсудили возможные погрешности и интерпретацию результатов. Далее было уделено внимание подготовке к защите индивидуального проекта: было оказано содействие по структурированию материала, даны рекомендации по оформлению научного отчёта и разработке презентации. Особое внимание было уделено самостоятельной работе обучающейся — она оформила доклад, подготовила слайды и отработала защиту. Совместная деятельность завершилось рефлексией: мы обсудили достигнутые результаты.

4.3.2. Результаты выполнения и апробации проекта

Объект и методы исследования В эксперименте приняли участие четверо обучающихся 10 класса МБОУ СШ 62. Исследования проведены на базе педагогического кванториума им. Л.В. Киренского при КГПУ им. В.П.Астафьева с 8.30 до 12.00 до учебных занятий. ЭЭГ анализ выполнялся с помощью нейрогарнитуры ViTronicsLab (ООО Битроникс, Долгопрудный). Измерительный электрод устанавливался в центре переднелобной области Fp. ЭЭГ записывалась в положении сидя с открытыми глазами в течение 4 мин перед работой и в течение 8 мин работы с тестом Анфимова. Работа проводилась в спокойной обстановке (4 мин) и при включении звукового фона (передачи федеральных телеканалов). Спектральный анализ ЭЭГ выполняли на трех 10-с безартефактных эпохах: в начале работы, по завершении 2-й и 4-й мин работы. Регистрировали средние амплитуду альфа- и бета-ритмов и частота максимального альфа и бета-ритмов.

Результаты Средние значения показателей ЭЭГ соответствовали значениям в литературе для лиц молодого возраста.

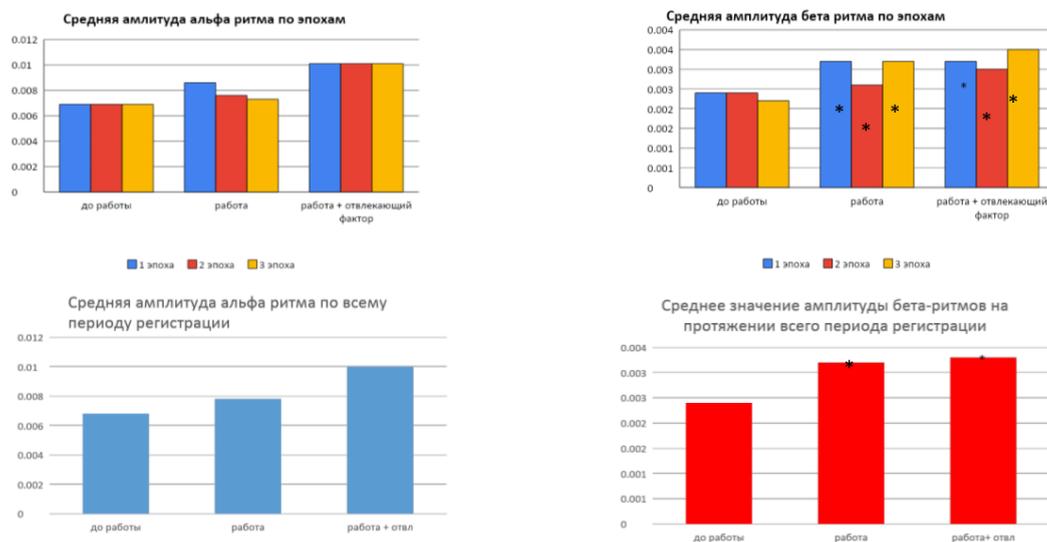


Рисунок 18 – Средние амплитуды альфа и бета ритмов до и во время работы

Установлено, что средняя амплитуда и альфа и бета-ритма до работы была ниже, чем во время выполнения теста Анфимова (рис. 1). Различия между работой без звуковых помех и с ними, а также между эпохами в каждой группе данных отсутствовали.

Заключение Увеличение амплитуд альфа и бета-ритмов отражает активацию процессов внимания при работе.

Проект был успешно защищен обучающейся на школьной конференции. Работа рекомендована к участию на научно-практической конференции «Современный учитель биологии, географии и химии: вызовы времени», организованной в рамках XXVI Международного форума «МОЛОДЕЖЬ И НАУКА XXI ВЕКА»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Систематизированы современные представления о природе основных ритмов электроэнцефалограммы, их связи с когнитивными функциями мозга, об особенностях регистрации электроэнцефалограммы с помощью нейрогарнитур, попытках их применения в образовательных технологиях.

2. Нейрогарнитура ViTronicsLab с двумя измерительными электродами и программное обеспечение к ней позволяет регистрировать и выполнять спектральный анализ альфа и бета-ритмов электрической активности одной из зон коры больших полушарий в условиях спокойного бодрствования и при разных видах деятельности.

3. В эксперименте с сопоставлением амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ и параметров внимания установлено, что количество допущенных ошибок меньше и следовательно концентрация внимания выше у лиц с меньшей средней амплитудой альфа-ритма, а распределение внимания, оцененное по коэффициенту подвижности нервных процессов выше у лиц с меньшей частотой бета-ритма. В условиях звуковых помех количество ошибок и подвижность нервных процессов зависят от частоты бета-ритма. Распределение внимания выше, а концентрация внимания ниже у лиц с высокими значениями частоты бета-ритма

4. Разработана тематика трех исследовательских проектов по ЭЭГ-анализу процессов внимания. Подготовлены организационно-методические документы к проекту «Электроэнцефалографический анализ периодов спокойного бодрствования и учебной деятельности старшеклассника». Проект выполнен обучающейся 10 класса МБОУ СШ №62 на базе технопарка «кванториум им. академика Л.В.Киренского» при КГПУ им. В.П. Астафьева

Библиографический список:

1. Александров М.В., Иванов Л.Б., Лытаев С.А. Электроэнцефалография: руководство / под ред. М.В. Александрова. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: СпецЛит, 2020. 224 с.
2. Александров М.В. История электроэнцефалографии: русская увертюра мировой симфонии (к столетию работ В.В. Правдич-Неминского) // Medline. 2012. Т. 30, С. 372–384
3. Александров М.В., Иванов Л.Б., Лытаев С.А. [и др.]. Общая электроэнцефалография / под ред. М.В. Александрова. СПб.: Стратегия будущего, 2017. 128 с.
4. Аликина М.А., Махин С.А., Павленко В.Б. Амплитудно-частотные, топографические, возрастные особенности и функциональное значение сенсомоторного ритма ЭЭГ // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2016. Т. 2, № 2. С. 3–24
5. Артефакты [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/артефакты/> (дата обращения: 12.06.2025).
6. Бережной Д.С. Учебная лаборатория по нейротехнологиям: методическое пособие. Естественно-научное направление / М.: Битроникс, 2021. 296 с.
7. Биоэлектрическая активность головного мозга [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/биоэлектрическая-активность-мозга/>. (дата обращения: 18.04.2025).
8. Биполярное отведение [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/ээг/отведения/биполярное-отведение/>. (дата обращения: 18.04.2025).
9. Веретехина С.В., Смирнов М.С., Смирнов Н.Н., Потехина Е.В., Киреева О.И. Системный подход к ранней диагностике деменции с

использованием компьютерного эмулятора отраженных сигналов гиппокампа // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. Т. 4, № 1. С. 1–17.

10. Гиносян К.А., Акобян С. Применение нейромаркетинга в цифровой среде и его влияние на мозг потребителей через социальные медиа и онлайн-рекламу // Семнадцатая годовичная научная конференция. Социально-гуманитарные науки. 2024. Т. 17, Ч. I. С. 348–354.

11. Гнедых Д.С. Тенденции и перспективы использования нейрокомпьютерных интерфейсов в образовании // Сибирский психологический журнал. 2021. Т. 1, № 81. С. 108–129.

12. Долецкий А.Н., Докучаев Д.А., Лата А.А. Трансформация взглядов на механизм генерации и физиологическую интерпретацию альфа-ритма ЭЭГ // Волгоградский научно-медицинский журнал. 2019. Т. 2, № 1. С. 14–19.

13. Екушева Е.В. Когнитивные нарушения – актуальная междисциплинарная проблема // Русский медицинский журнал. 2018. Т. 12, № 12 (1). С. 32–37.

14. Изнак А.Ф., Изнак Е.В., Мельникова Т.С. Параметры когерентности ЭЭГ как отражение нейропластичности мозга при психической патологии // Научный центр психического здоровья. 2018. Т. 4, № 12. С. 127–137.

15. Иванов К.О. Классификация элементов электроэнцефалограммы с помощью последовательной нейронной сети // ВУНЦ ВВС ВВА. 2023. Т. 31, № 1. С. 71–74

16. Иванов Л.О. Методы анализа ритмов ЭЭГ в психофизиологии: учебное пособие / Медицина. Москва, 2020. 256 с.

17. История электроэнцефалографии [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/ээг/история-электроэнцефалографии/> (дата обращения: 09.10.2024).

18. Казин Э.М. ЭЭГ-корреляты влияния эндогенных и экзогенных факторов на умственную работоспособность студентов // Кемеровский государственный университет. 2018. Т. 5, № 16. С. 36–48.
19. Костромина С.Н., Гнедых Д.С. Нейронаука в системе профессионального образования // Профессиональное образование и рынок труда. 2021. Т. 5, С. 8–29.
20. Козыревская А.В., Усатая Е.Р. Образование в рамках индивидуализации, персонификации и персонализации // Санкт-Петербургский образовательный вестник. Санкт-Петербург, 2018. Т. 5, № 2. С. 1–3.
21. Лаборатория ViTronicsLab [Электронный ресурс] //bitronicslab.com (сайт). URL: <https://bitronicslab.com/>. – (дата обращения: 18.04.2025).
22. Максимова М.В., Этуев Х.Х. Опыт применения ЭЭГ в образовании: анализ зарубежных исследований // Отечественная и зарубежная педагогика. 2023. Т. 1, С. 169–185.
23. Научная библиотека лаборатории электрофизиологии НЦИЛС [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/>. (дата обращения: 09.10.2024).
24. Нейрогарнитура [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/нейрогарнитура/>. (дата обращения: 12.06.2025).
25. Орлова, С. И. Ритмы ЭЭГ и когнитивные процессы / С. И. Орлова // Современная зарубежная психология. 2015. Т. 4, №1. С. 91–108.
26. Отведение ЭЭГ [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/отведения-ээг/>. (дата обращения: 12.06.2025).
27. Поведенческие парадигмы [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/вызванные-потенциалы/поведенческие-парадигмы-вп/>. (дата обращения: 12.06.2025).

28. Расположение электродов на голове [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/ээг/расположение-электродов-на-голове/>. (дата обращения: 18.04.2025).
29. Ритмическая активность головного мозга [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/биоэлектрическая-активность-мозга/ритмическая-активность-головного-мозга/>. (дата обращения: 18.04.2025).
30. Ритмы ЭЭГ [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/ритмы-ээг/>. (дата обращения: 12.06.2025).
31. Ситдинов Ф.Г., Зиятдинова Н.И., Зефилов Т.Л. Физиологические основы диагностики функционального состояния организма: учебное пособие / Казанский (Приволжский) федеральный университет. Казань, 2019. 105 с.
32. Система 10-20 [Электронный ресурс] //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/ээг/система-10-20/>. (дата обращения: 12.06.2025).
33. Скворчевский К.А., Дятлова О.В. Современные адаптивные и интеллектуальные цифровые системы обучения: механизмы и потенциал // Вопросы образования. 2024. №3. С. 1–38.
34. Станкова Е.П., Мышкин И.Ю. О связи индивидуальных характеристик ЭЭГ с уровнем интеллекта // Вестник Московского университета. Сер. 16: Биология. 2016. Т. 2, № 4. С. 83–88.
35. Сорокина Т.С., Становление научной физиологии в России (первая половина XIX столетия) // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2015. Т. 23, С. 1–6.
36. Спектральный анализ [Электронный ресурс]. //cmi.to (сайт). URL: <https://cmi.to/методы/спектральный-анализ/>. (дата обращения: 12.06.2025).
37. Тетнев Ф.Ф., Степанищева А.В. Истоки электрофизиологии и электрокардиографии // Бюллетень сибирской медицины. 2014. Т. 13, № 3. С. 111–118.

38. Тиганов А.С., Снежневский А.В., Орловская Д.Д.. Руководство по психиатрии: в 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Тиганова. М.: Медицина, 1999. С. 768
39. Arana L., Melcón M., Kessel D., Hoyos S., Albert J., Carretié L., Capilla A. Suppression of alpha-band power underlies exogenous attention to emotional distractors // *Psychophysiology*. 2022. Vol. 59. P. 115–123. Başar E. A review of alpha activity in integrative brain function: fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology // *International Journal of Psychophysiology*. 2012. Vol. 86, No. 1. P. 1–24.
40. Chen C. M., Wang J. Y., Yu C. M. Assessing the attention levels of students by using a novel attention aware system based on brainwave signals // *British Journal of Educational Technology*. 2017. Vol. 48, no. 2. P. 348-369.
41. Chen C. M., Wu C. H. Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance // *Computers & Education*. 2015. Vol. 80. P. 108-121.
42. Dorsal attention network. [Электронный ресурс] // www.o8t.com (сайт). URL: [//www.o8t.com/dorsal-attention-network](http://www.o8t.com/dorsal-attention-network). (дата обращения: 12.06.2025).
43. Wu Y., Popescu E., Kinshuk. English Vocabulary Learning Performance and Brainwave Differences: The Comparison Between Gesture-Based and Conventional Word-card Innovations in Smart Learning // *Innovations in Smart Learning*. 2017. Vol. 12, P. 197–206.
44. Farrant K., Uddin L. Q. Asymmetric Development of Dorsal and Ventral Attention Networks in the Human Brain // *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2015. Vol. 12, P. 165–174.
45. Fontanillo Lopez C. A., Li G., Zhang D. Beyond Technologies of Electroencephalography-Based Brain-Computer Interfaces: A Systematic Review From Commercial and Ethical Aspects // *Frontiers in Neuroscience*. 2020. Vol. 14, 611130, P. 1–23.

46. Gao Y., Wang Q., Ding Y., Wang C., Li H., Wu X., Qu T., Li L. Selective Attention Enhances Beta-Band Cortical Oscillation to Speech under "Cocktail-Party" Listening Conditions // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2017. Vol. 11. P. 210–219.
47. Google Scholar. URL: <https://scholar.google.com/?hl=ru>. (Дата обращения: 09. 10. 2024)
48. Gratton C., Sun H., Petersen S. E. Control networks and hubs // *Psychophysiology*. 2018. Vol. 55. P. 145–163.
49. Jackson T. *The brain: an illustrated history of neuroscience*. Shelter Harbor Press, 2015. 168 p.
50. Johnson J. S., Spencer J. P. Increased alpha-band power during the retention of shapes // *Frontiers in Psychology*. 2011. Vol. 2. P. 85–93
51. Kim H., Hong T., Kim J., Yeom S. A psychophysiological effect of indoor thermal condition on college students' learning performance through EEG measurement // *Building and Environment*. 2020. Vol. 184. P. 1–13.
52. Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis // *Brain Research Reviews*. 2007. Vol. 53. P. 63–88.
53. Kim H., Erlund-Richter S., Wang X., Deisseroth K., Karlin M. Parvalbumin neurons in control of attention // *Stockholm Neuroscience Reports*. 2016. Vol. 3. P. 208–218.
54. Manini G., Botta F., Martín-Arévalo E. Attentional Capture From Inside vs. Outside the Attentional Focus // *Frontiers in Psychology*. 2021. Vol. 12. P. 1–20.
55. Onaya A., Tanaka H. Exploring EEG Indicators to Evaluate Listening Difficulties in Noisy Environments // *arXiv*. 2025. Vol. 25. P. 1-5
56. Peters S. K., Dunlop K., Downar J. Cortico-Striatal-Thalamic Loop Circuits of the Salience Network: A Central Pathway in Psychiatric Disease and Treatment // *Frontiers in Systems Neuroscience*. 2016. Vol. 10P. 10–34.

57. Rosen M. L., Shinn-Cunningham B. G., Somers D. C. Short-term memory for space and time flexibly recruit complementary sensory-biased frontal lobe attention networks // *Neuron*. 2015. Vol. 87.P. 882–892.
58. Raichle M.E., MacLeod A.M., Snyder A.Z., et al. A default mode of brain function // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2001. Vol. 98, No. 2. P. 676–682.
59. Rosen M. L., Stern C. E., Michalka S. W., Devaney K. J., Somers D. C. Cognitive control network contributions to memory-guided visual attention // *Cereb Cortex*. 2016. Vol. 25. P. 120–180.
60. Sanchit V., Bhanu S. Comparative Analysis of NeuroSky and Emotiv EEG Systems for Brain-Computer Interface Applications // *Second International Conference on Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things (ICoICI)*. 2024. Vol.2. P. 54–81.
61. Somers D. C., Halko M. A., Levin E. J., Osher D. E., Tobyne S. M., Brissenden J. A. Topographic Cortico-cerebellar Networks Revealed by Visual Attention and Working Memory // *Current Biology*. 2018. Vol. 28. P. 21–28.
62. Somers D. C., Halko M. A., Osher D. E., Levin E. J., Brissenden J. A. Functional Evidence for a Cerebellar Node of the Dorsal Attention Network // *Journal of Neuroscience*. 2016. Vol. 87. P. 22–36.
63. Vossel S., Geng J.J., Fink G.R. Dorsal and Ventral Attention Systems // *The Neuroscientist*. 2014. Vol. 20. P. 150–159.
64. Uddin L. Q., Yeo B. T. T., Spreng R. N. Towards a Universal Taxonomy of Macro-scale Functional Human Brain Networks // *Brain Topography*. 2019. Vol. 32. P. 12–20.
65. Xu J., Zhong B. Review on portable EEG technology in educational research // *Computers in Human Behavior*. 2018. Vol. 81. P. 340–349.

Приложение А

Анатомия спинного мозга:

Задание 1

Спинальные нервы являются:

- 1) смешанными
- 2) чувствительными
- 3) вегетативными
- 4) двигательными

Задание 2

Двигательные нейроны в спинальных рефлекторных дугах находятся в:

- 1) канатиках белого вещества
 - 2) передних рогах серого вещества
 - 3) боковых рогах
 - 4) спинальных ганглиях
- 4) Задание 3

Спинальный мозг не защищён оболочкой:

- 1) твёрдой
- 2) паутинной
- 3) плеврой
- 4) мягкой

Анатомия и физиология головного мозга:

Задание 1

Рефлекторные дуги вегетативных и двигательных рефлексов не проходят через

Большие полушария

Средний мозг

Мост

Продолговатый мозг

Задание 2.

Проекционные зоны зрительного анализатора локализованы в коре

- 1) теменной
- 2) височной
- 3) затылочной
- 4) лобной

Задание 3

Высший центр автономной нервной и нейроэндокринной регуляции

- 1) кора больших полушарий
- 2) таламус
- 3) гипоталамус
- 4) мозжечок

Клеточное строение нервной системы:

Задание 1

В состав нервной ткани не входят

1. Астроциты
- Б. Нейроны
- В. Эритроциты
- Г. Олигодендроциты

Задание 2

В основе нервного импульса, распространяющегося по аксону нейрона

Электрический процесс

Изменение натяжения фибрилл цитоскелета

Аксонный транспорт макромолекул

Химический процесс

Задание 3

Химический синапс передает сигнал между нейронами с помощью

1. Гормона
2. Нейромедиатора
3. Цитокина
4. Фермента

Методы изучения мозга:

Задание 1

Какой метод помогает врачам найти опухоль в мозге?

1. Электроэнцефалография
2. МРТ
3. Рентген
4. Компьютерная томография

Задание 2

Электроэнцефалография измеряет амплитуду электрической активности мозга в

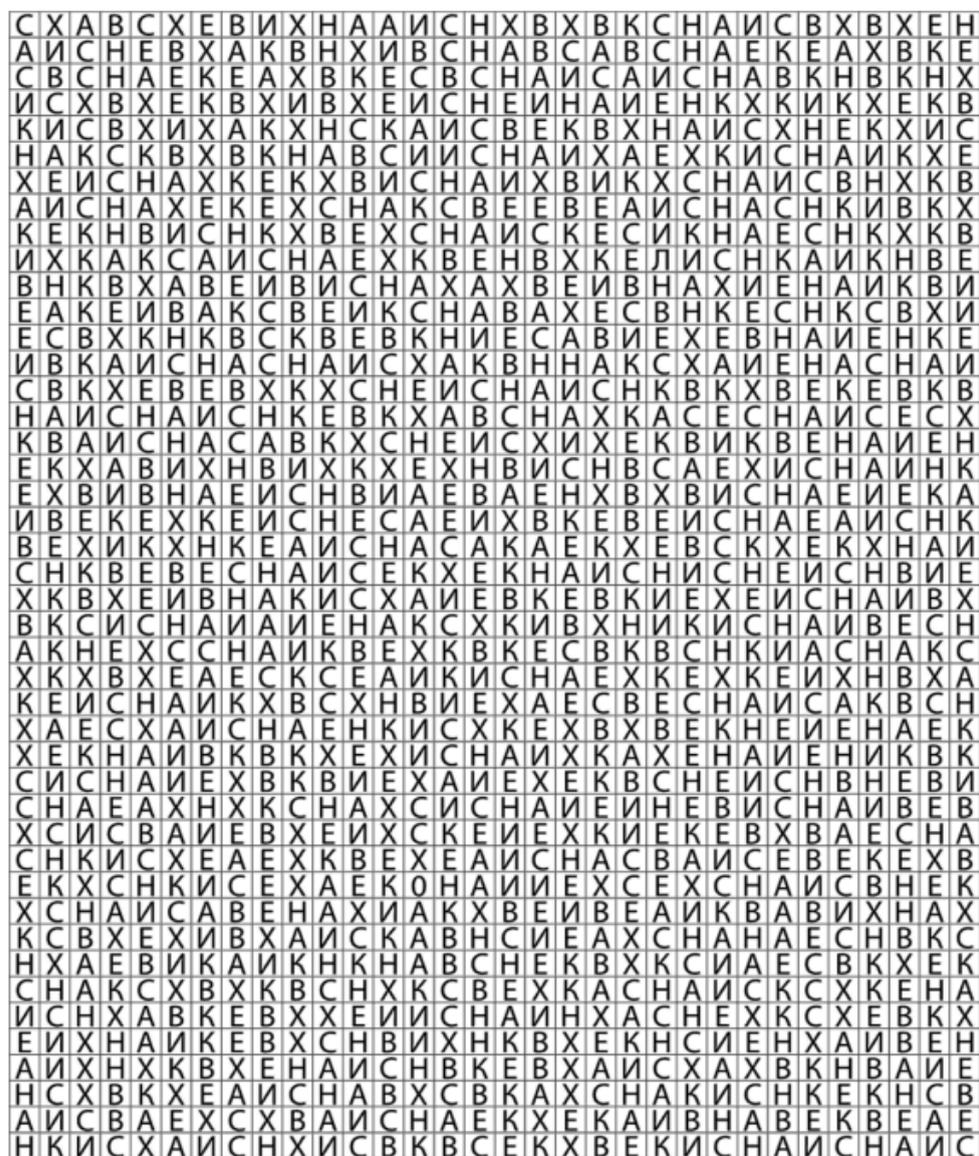
1. Микровольтах
2. Герцах
3. Ньютонах
4. Калориях

Задание 4

Ритм ЭЭГ, который появляется, когда человек расслаблен с закрытыми глазами?

- а) Бета-ритм
- б) Альфа-ритм
- в) Дельта-ритм
- г) Гамма-ритм

Приложение В



Тест Анфимова

1. Подпишите бланк 1.
2. Прочитайте инструкцию: «Возьмите ручку и поставьте руку на локоть. Внимательно просматривайте каждую строчку (слева направо, как читаете книгу) и вычеркивайте буквы „Х“ и „И“» одной косой чертой».
3. Дайте команду «Начали» и включите секундомер. Через 2 мин остановите работу командой «Стоп». Дайте указание: «Поставьте уголок на том месте строчки, где Вас застал сигнал „Стоп“».

4. Вновь дайте инструкцию: «Будем продолжать вычеркивать буквы „X“ и „И“ во всех случаях, кроме тех, когда перед буквой „X“ будет стоять буква „В“, а перед буквой „И“ — буква „Е“». В этих случаях надо «ВХ» и «ЕИ» подчеркивать одной чертой.

5. Обработайте бланк по схеме:

- Подсчет объема работы A по всей 4-минутной пробе и отдельно по каждой 2-минутной (A_1 и A_2); число полных строк $\times 40$ + число знаков в неполной строке.

- Расчет коэффициента K по формуле: $K = A / A_1$

Пример: просмотрено 529 знаков, за первые 2 мин — 307 знаков. Следовательно, $K = 529/307 = 1,72$. Чем выше величина K (ближе к 2), тем больше подвижность нервных процессов [Великанова Л. К., 1993].

- Подсчет ошибок: ОШ — всего ошибок по всему объему (пропущенные, исправленные, неправильно зачеркнутые знаки), Д — ошибки на дифференцировку во второй 2-минутной пробе. Для ускорения обработки лучше иметь ключ.