

На правах рукописи

КАРИМОВА ЕКАТЕРИНА ДМИТРИЕВНА

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ОСОБЕННОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗВИТИЕ
СОСТОЯНИЯ МОНОТОНИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Специальность

03.03.01 - физиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва – 2013

Работа выполнена в лаборатории прикладной физиологии ВНД человека (заведующая лабораторией – доктор биологических наук, профессор, Н.Н. Лебедева) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Высшей Нервной Деятельности и Нейрофизиологии РАН (директор – член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор Павел Милославович Балабан)

Научный руководитель:

доктор биологических наук,
Наталия Николаевна Лебедева

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук,
Галина Николаевна Болдырева
кандидат биологических наук,
Дмитрий Анатольевич Напалков

Ведущая организация: ФГБУН ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН

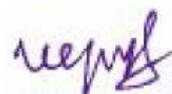
Защита состоится 27 ноября 2013 г. в 15.30 часов на заседании Диссертационного совета Д.002.044.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института Высшей Нервной Деятельности и Нейрофизиологии РАН по адресу: 117485, Москва, ул. Бутлерова, д. 5а

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Высшей Нервной Деятельности и Нейрофизиологии РАН

Автореферат разослан «__» октября 2013 года

Учёный секретарь диссертационного совета

доктор биологических наук,



В.Н. Иерусалимский

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Большинство современных людей каждый день управляют собственным транспортным средством, не задумываясь о своём состоянии в данный момент и способности адекватно реагировать на внезапные ситуации, хотя широко известен факт, что человеческий фактор является главной причиной дорожно-транспортных происшествий, и занимает второе место среди причин крупных техногенных катастроф в мире [Сычев, 2012]. Последствия ошибок при выполнении операторской деятельности у водителей автомобилей могут приводить к авариям и гибели людей, не говоря уже об операторах технологических линий, работников атомных станций, диспетчерах аэродромов и т.д.

Трудность адекватной оценки собственного состояния и своих возможностей заключается ещё и в том, что практически любая операторская деятельность в течение продолжительного времени приводит к возникновению состояния монотонии – функционального состояния (ФС) напряжения как интегрального динамического комплекса физиологических, психологических, поведенческих функций, которые обуславливают выполнение деятельности.

Психическое состояние переживания монотонии вызывается действительным или кажущимся однообразием выполняемых действий. В результате возникновения монотонии человек становится вялым, безучастным к работе, снижается общий уровень активности, скорость реакции, ухудшается внимание, снижается чувствительность к внешним раздражителям. Отличительной особенностью состояния монотонии от усталости является то, что силы организма ещё не израсходованы, т.е. оператор не чувствует себя уставшим, но при этом качество деятельности значительно ухудшается [Ильин, 2005].

Таким образом, монотония – это опасное и весьма нежелательное функциональное состояние, возникающее при операторской деятельности, которое может привести к весьма опасным ситуациям, если оно возникает у диспетчера, водителя или машиниста какого-либо транспортного средства, оператора на производстве и т.д.

Определение функционального состояния связано с задачей распознавания многомерного вектора, компонентами которого являются различные физиологические показатели и реакции. Второй, эргономический подход к оценке ФС предполагает определение состояния организма человека по результатам его деятельности. Этот вариант в большинстве случаев применялся и при изучении состояния монотонии, однако, такой подход не позволяет подойти к решению проблемы механизмов формирования и смены ФС.

Давно замечено, что большое значение имеют индивидуально-психологические особенности работника (тип нервной системы, темперамент) [Ильин, 2005]. У некоторых людей

состояние монотонии возникает относительно редко, они более устойчивы и предпочитают именно монотонную деятельность. Замечено, что с монотонной работой лучше справляются лица со слабой нервной системой, чем с сильной, что подвижные типы переносят ее хуже, чем инертные [Рождественская, 1972]. С. Уайт и И. Ленгдон пришли к выводу, что к однообразной работе более склонны люди, обладающие терпением и флегматическими чертами темперамента [Wyatt, 1937]. Кроме того, было выявлено, что с однообразной монотонной работой лучше справляются те, у кого имеется высокая тревожность, интроверсия, высокий уровень нейротизма, потребность в избегании неудачи [Сопов, 1977]. Важную роль играет фактор мотивации, при этом время наступления монотонии отодвигается [Ильин, 2005]. Таким образом, существует некоторое сложившееся мнение об устойчивых к монотонии типах личности, которое в основном было сформировано на основании результатов деятельности той или иной группы людей. Однако работ по комплексному исследованию физиологических реакций человека в состоянии монотонии, анализу механизмов её формирования и зависимости от различных индивидуальных особенностей крайне мало.

Интересна также с точки зрения изучения механизмов ФС резкая смена условий окружающей среды и изменение в связи с этим функционального состояния, которое сопровождается сменой одного комплекса реакций другим, направленным на более или менее адекватное поведение организма в новых условиях. Подобные ситуации встречаются в любой операторской деятельности и могут являться нештатной или экстремальной ситуацией (например, занос на дороге, внезапно появляющееся транспортное средство на пути, поломка механизма и т.д.).

Известно, что психические состояния людей в экстремальных ситуациях разнообразны, также как и их реакции, причём уровень целесообразности таких реакций различен у разных индивидов – от панических и бессмысленных до сознательно целенаправленных. Считается также, что существуют две основные формы социального поведения в экстремальных ситуациях: активное и пассивное поведение [Мокшанцев, 2001].

Мерами борьбы с состоянием монотонии являются усложнение выполняемых операций, изменение темпа работы, усиление мотивации, смена деятельности, рабочих мест, однако, это не всегда возможно. Поиск неинвазивного, бесконтактного, и простого в применении метода борьбы с негативными проявлениями состояния монотонии является одной из приоритетных задач на сегодняшний день. В связи с этим исследование возможности применения медицинских приборов электромагнитной (ЭМ) терапии при коррекции ФС операторов являлось одним из направлений наших исследований.

Цель настоящего исследования: выявить комплекс наиболее значимых индивидуальных характеристик человека, определяющих особенности функционального состояния при выполнении длительной монотонной операторской деятельности.

Задачи исследования:

1. Определить с помощью электрографических методов и психофизиологического тестирования главные физиологические проявления состояния монотонии.
2. Выявить основные нейрофизиологические и психологические индивидуальные особенности, влияющие на выраженность негативных проявлений состояния монотонии.
3. Выявить влияние возникновения нештатной ситуации при монотонной деятельности на функциональное состояние оператора.
4. Определить индивидуальные особенности реакций при изменении функционального состояния оператора в условиях возникновения нештатной ситуации на фоне состояния монотонии.
5. Исследовать возможность коррекции функционального состояния оператора при длительной монотонной деятельности и при возникновении нештатной ситуации с помощью *низкоинтенсивных электромагнитных полей различных диапазонов с учётом индивидуальных особенностей.*

Научная новизна исследования.

1. Впервые был применён комплексный подход к исследованию состояния организма человека в условиях монотонии и при возникновении нештатной ситуации.
2. Впервые были выявлены типологические особенности, такие как пространственное распределение альфа-активности, влияющие на устойчивость к воздействию монотонии и возникновению нештатной ситуации на фоне состояния монотонии.
3. Впервые исследовалась возможность коррекции функционального состояния в условиях монотонного вождения и возникновения нештатной ситуации с помощью ЭМП трёх различных диапазонов.
4. Были обнаружены группы испытуемых (с высокой подвижностью и силой нервной системы, экстраверты), у которых электромагнитное поле нивелировало негативные проявления, возникающие в состоянии монотонии и при возникновении нештатной ситуации.

Теоретическая и практическая значимость

Полученные результаты вносят вклад в изучение психологических и физиологических механизмов состояния монотонии и стресса. Комплексное изучение состояния монотонии с учётом индивидуальных типологических особенностей позволило выявить взаимосвязь между некоторыми индивидуальными особенностями и физиологическими реакциями организма на состояние монотонии. Установлено, что операторы, на которых состояние монотонии не

оказывало столь выраженное негативное воздействия, не могут справиться с операторской деятельностью при возникновении нештатной ситуации. Экспериментально показано, что низкоинтенсивное ЭМП может быть использовано для коррекции функционального состояния во время монотонной деятельности и при возникновении нештатной ситуации. Полученные данные имеют важное практическое значение, поскольку на основе них можно дать рекомендации по выбору деятельности людям с различными типологическими особенностями.

Положения, выносимые на защиту:

1. Комплекс негативных проявлений при развитии состояния монотонии, характеризуется снижением самочувствия, активности, повышением уровня тревожности при снижении частоты сердцебиения, появлением специфического паттерна ЭЭГ (одновременное повышение мощности тета-, альфа- и бета-ритмов) во время операторской деятельности и дремотного состояния после неё, а также ухудшением качества работы.

2. Развитие состояния монотонии и негативных её проявлений у операторов в значительной степени определяется особенностями межполушарной асимметрии альфа-активности. У испытуемых, продемонстрировавших высокую устойчивость к состоянию монотонии, при возникновении нештатной ситуации значительно снижается качество деятельности и ухудшаются психофизиологические показатели, в отличие от испытуемых, которые в большей степени подвержены влиянию состояния монотонии.

3. Воздействие низкоинтенсивных электромагнитных полей, проводимое с учётом их биотропных параметров и индивидуальной электромагнитной чувствительности человека, позволяет корректировать негативные проявления состояния монотонии или эмоционального напряжения.

Апробация диссертации и публикации.

Основные результаты работы были представлены на XVIII и XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных Ломоносов -2011, 2012 (Москва, 2011, 2012), на III съезде физиологов СНГ (Ялта, 2011), на XVIII и XIX международном междисциплинарном конгрессе «Нейронаука для медицины и психологии» (Судак, 2012, 2013), на XVI Школе-конференции молодых учёных по физиологии высшей нервной деятельности и нейрофизиологии (Москва, 2012), на XXII съезде Физиологического общества им И.П. Павлова (Волгоград, 2013). По материалам диссертации опубликовано 5 печатных работ, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

Апробация состоялась на совместном заседании Лаборатории прикладной физиологии ВНД человека и Лаборатории нейробиологии сна и бодрствования Института ВНД и НФ РАН 17 октября 2013 года.

Структура и объём диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, методики исследования, результатов, обсуждения результатов, выводов и списка литературы. Работа изложена на 128 страницах машинописного текста, иллюстрирована 98 рисунками. Список литературы содержит 120 источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Методика исследования

Для решения поставленных задач было проведено три серии экспериментов. В первой серии исследовалось влияние монотонной деятельности на функциональное состояние человека, во второй серии исследовали влияние возникновения нештатной ситуации на фоне состояния монотонии, в третьей – исследовалась возможность коррекции функционального состояния с помощью низкоинтенсивных ЭМП трёх частотных диапазонов – низкочастотного (НЧ), крайневысокочастотного (КВЧ) и ультравысокочастотного (УВЧ) – рис. 1.

Поскольку состояние монотонии возникает вследствие продолжительной однообразной деятельности, в качестве такой деятельности испытуемым предлагалась работа на программируемом симуляторе вождения в условиях ограниченной сенсорной информации в течение 1,5 часов.

Контроль функционального состояния испытуемого осуществлялся по показателям электроэнцефалограммы (ЭЭГ), регистрируемой с помощью энцефалографа-анализатора ЭЭГА-21/26 «ЭНЦЕФАЛАН 131-03» (Таганрог), электрокардиограммы (ЭКГ), психологических тестов и теста на сложную зрительно-моторную реакцию с помощью устройства психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 «Психофизиолог» (Таганрог), кроме того, по показателям водительской деятельности с помощью программы-симулятора вождения. Для коррекции состояния монотонии использовались три прибора электромагнитной (ЭМ) терапии с различными характеристиками ЭМ излучения.

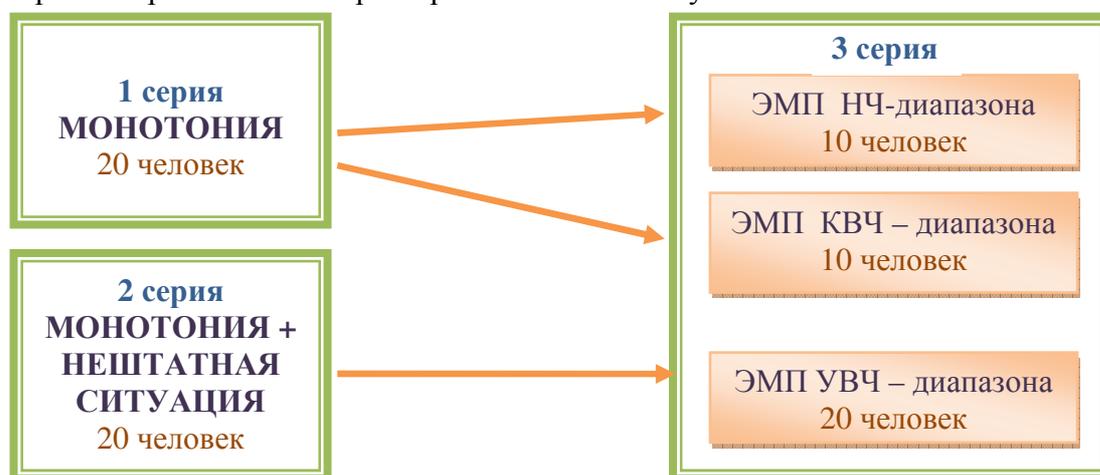


Рисунок 1 – Схема проведения экспериментов.

Симулятор водительской деятельности был разработан в лаборатории Прикладной физиологии и высшей нервной деятельности человека совместно с лабораторией математической нейробиологии обучения Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Испытуемому давалась инструкция удерживать своё положение в центре дороги с помощью руля. В первой серии экспериментов по исследованию состояния монотонии скорость движения была задана постоянной в течение 1,5 часов вождения, во второй серии – по изучению реакции на возникновение нештатной ситуации на фоне состояния монотонии – спустя час «вождения» скорость движения резко возрастала, добавлялись крутые

виражи, что создавало эмоциональное напряжение. Качество вождения оценивалось по величине отклонения траектории от линии разметки и по величине движения рулём.

Психофизиологическое тестирование производилось с помощью прибора «Психофизиолог», который помогает оценить физическое и эмоциональное состояние человека. До и после каждого эксперимента испытуемый проходил четыре теста: шкалу тревожности Спилбергера, с помощью которой оценивались ситуативная тревожность и личностная тревожность; тест САН, определяющий самочувствие, активность и настроение испытуемого; тест сложная зрительно-моторная реакция, определяющий функциональное состояние оператора и его способность к работе; пятиминутная запись кардиограммы с последующей обработкой методом вариационной кардиометрии.

Кроме того, испытуемые после всех исследований заполняли опросник «Свойства нервной системы» (сокращённый вариант опросника Я. Стреляу) для определения силы возбуждения, торможения и подвижности нервных процессов и «Опросник Айзенка», позволяющий определить уровень нейротизма и степень экстраверсии.

С помощью психофизиологического тестирования определялись индивидуальные характеристики каждого испытуемого, такие как уровень личностной тревожности, средний уровень самочувствия, средняя скорость реакции, средняя частота пульса, для чего усреднялись значения, зарегистрированные до вождения по трём экспериментам. Затем, по каждому полученному показателю испытуемые разделялись на две группы для применения факторного дисперсионного анализа.

Запись ЭЭГ производилась по международной системе 10-20% с 19 электродов монополярно относительно ушных электродов А1 и А2 с помощью энцефалографа-анализатора ЭЭГА-21/26 «ЭНЦЕФАЛАН 131-03» (Таганрог). Помимо ЭЭГ регистрировали два отведения электроокулограммы и одно отведение электромиограммы для устранения артефактов.

Проведение эксперимента. В исследовании участвовали 40 практически здоровых человек (25 мужчин и 15 женщин) в возрасте от 18 до 26 лет, все испытуемые были правши. В первой серии экспериментов по исследованию *состояния монотонии* участвовало 20 человек (15 мужчин и 5 женщин). Затем с этими же испытуемыми проводили серию экспериментов по коррекции негативных проявления состояния монотонии с помощью ЭМП, при этом первый эксперимент считали фоновым и проводили ещё два эксперимента – «плацебо» и «воздействие». В эксперименте «плацебо» используемый прибор ЭМ-терапии помещали в зону воздействия, но испытуемый не знал, что он не работает. У первых 10 испытуемых (5 мужчин и 5 женщин) воздействие низкоинтенсивного ЭМП происходило с помощью прибора DETA RITM (НЧ), для других 10 испытуемых (только мужчины) использовался прибор КВЧ-МТА (КВЧ).

Вторая серия экспериментов проводилась с другими 20 испытуемыми (10 мужчин и 10 женщин), при этом для исследования влияния возникновения нештатной ситуации на фоне состояния монотонии была изменена программа симулятора вождения – спустя 60 минут движение внезапно ускорялось, и появлялись крутые виражи. С этими же испытуемыми проводили серию экспериментов по исследованию коррекции функционального состояния с помощью ЭМП; воздействие создавалось прибором УВЧ-терапии «Акватон».

Таким образом, с каждым испытуемым проводилось 3 эксперимента – «фон», «плацебо» и «воздействие». Первый из экспериментов у каждого оператора был «ФОН», во втором или третьем эксперименте (для каждого испытуемого по-разному) включался терапевтический прибор, излучающий электромагнитное поле.

Все испытуемые были финансово мотивированы – в случае успешного вождения на симуляторе был обещано более высокое вознаграждение.

До начала эксперимента и после его окончания проводилось психофизиологическое тестирование (по 15 минут). Эксперимент начинался с регистрации ЭЭГ в спокойном состоянии при закрытых (5 минут) и открытых (5 минут) глазах. Затем включалась программа симулятора вождения, и в течение 1,5 часов регистрировались показатели ЭЭГ во время вождения оператора. Если это был эксперимент из второй серии, то спустя час операторской деятельности на 15 минут менялись условия вождения.

В экспериментах с воздействием ЭМП НЧ-диапазона спустя 35 мин от начала вождения на 14 мин включался прибор ДЕТА RITM, затем прибор на 5 мин выключался, после чего снова начинал работать в течении 14 минут. Прибор КВЧ-МТА включали спустя 30 минут «вождения» на 30 минут, прибор «Акватон» включали также спустя полчаса на 15 минут. После окончания вождения регистрировались показания ЭЭГ в спокойном состоянии испытуемого с открытыми и закрытыми глазами и проводилось повторное психофизиологическое тестирование.

Методики, используемые в экспериментах, и циклограмма проведения опытов были одобрены Этическим комитетом Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН.

Устройство электромагнитной терапии «ДЕТА RITM» разработано научно-производственным предприятием «ЭЛИС» для профилактики утомления у водителей (сертификат соответствия № РОСС RU.ИМО4.В06700 от 03 марта 2008 г. Регистрационное удостоверение ФС 022a1710/4625-06 от 22 декабря 2006). Несущая частота - 10 кГц с модуляцией 8-10 Гц. Поле излучается с помощью спиральной антенны площадью 3,5 см · 3,5 см с мощностью 2 мВт. Антенна располагается на расстоянии 50-60 см от головы оператора.

Аппарат КВЧ-терапии КВЧ-МТА излучает электромагнитное поле в миллиметровом диапазоне длин волн. Аппарат КВЧ-МТА генерирует три наиболее часто использующиеся в медицинской практике длины волны КВЧ-диапазона: 4,9 мм (60,12 ГГц), 5,6 мм (53,53 ГГц) и 7,1 мм (42,19 ГГц). Плотность потока мощности одного излучателя очень низкая (4-12 мВт/см²), так как энергия кванта в ММ-диапазоне меньше даже энергии теплового движения.

Медицинский прибор ЭМП-терапии «Акватон» компании «Телемак» (г. Саратов) излучает поле УВЧ-диапазона с модуляцией. Регистрационное удостоверение № ФСР 2010/07292 от 31 марта 2010 г. Сертификат соответствия № 0250979, срок действия с 04.10.2010 по 04.10.2013.

Методы обработки результатов исследования. Спектральный анализ ЭЭГ проводился по 5-секундным фрагментам после предварительного удаления артефактов. Рассчитывались значения частоты максимального пика (Гц), значения абсолютной (мкВ²), относительной мощности для каждого диапазона частот (дельта-2, тета, альфа, бета-1), индекс пространственного распределения ритма *I* для каждого диапазона, альфа-индекс, индекс пространственной асимметрии альфа-ритма. Кроме того, методом нелинейной динамики рассчитывали глобальную корреляционную размерность ЭЭГ-сигнала – D2, характеризующую сложность системы в целом.

Для того чтобы оценить изменения спонтанной ЭЭГ данные усреднялись по 5-минутным фрагментам функциональных проб, зарегистрированных *до* и *после* водительской деятельности с закрытыми и открытыми глазами в состоянии покоя. Для того чтобы оценить динамику показателей ЭЭГ во время операторской деятельности, 90-минутная запись разбивалась на 4 фрагмента (30 мин., 30 мин., 15 мин., 15 мин.).

Параметры ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами до вождения на симуляторе, которые мы отнесли к индивидуальным особенностям, усреднялись по трём фрагментам (т.к. с каждым испытуемым проводилось по три эксперимента – фоновый, когда анализировалось только состояние монотонии, плацебо и воздействие, когда исследовался эффект воздействия ЭМП).

Статистическая обработка производилась с помощью парного критерия Уилкоксона, дисперсионного анализа ANOVA с повторными изменениями и апостериорного теста Дункана.

Результаты исследований

Состояние монотонии

Операторская деятельность. По среднему качеству вождения испытуемые разделились на две группы – с плохим и хорошим качеством, а по динамике этого показателя – на

испытуемых, у которых качество вождения практически не изменилось (8 человек, у которых среднее значение отклонения от траектории за последние 30 минут отличались менее чем на 20% от значения за первые 30 минут вождения), и испытуемых (12 человек), у которых оно достоверно ухудшилось.

Психологическое тестирование. По результатам психологического тестирования на определение свойств нервной системы и теста Айзенка на определение степени экстраверсии и нейротизма испытуемые разделились на группы с высокой и низкой силой процессов возбуждения (высокая сила возбуждения – от 19 баллов) и торможения (высокая сила торможения – от 25 баллов) нервных процессов, с высокой и низкой подвижностью нервной системы (высокая подвижность – от 22 баллов) и испытуемых с высоким и низким уровнем нейротизма по Айзенку (высокий нейротизм – от 20 баллов).

Анализ результатов теста САН и опросника для определения уровня тревожности по Спилбергеру показал, что у всей группы испытуемых после водительской деятельности достоверно снизились *активность* в среднем на 14% ($p=0,0002$ по критерию Уилкоксона) и *самочувствие* в среднем на 17% ($p=0,0009$ по критерию Уилкоксона), личностная тревожность и настроение не изменились, а ситуативная тревожность достоверно возросла в среднем на 30% ($p=0,001$ по критерию Уилкоксона).

Показатели вариационной кардиометрии. Данные вариационной кардиометрии показали, что после монотонной деятельности частота пульса достоверно уменьшилась ($p=0,003$ по критерию Уилкоксона) у всех испытуемых, при этом дисперсионный анализ выявил взаимосвязь между качеством деятельности и данной динамикой: частота сердечных сокращения уменьшалась в большей степени у испытуемых с плохим качеством вождения.

Показатели сложной зрительно-моторной реакции. Было выявлено, что скорость реакции испытуемых связана со стратегией их поведения во время водительской деятельности: у испытуемых с высокой скоростью реакции показатель разброса движения руля практически не изменялся, тогда как у испытуемых с низкой скоростью реакции он ухудшился к концу вождения. В целом же по всей группе испытуемых наблюдалось повышение времени реакции после работы на симуляторе.

Изменения показателей ЭЭГ, зарегистрированных до и после вождения. При анализе ЭЭГ были обнаружены достоверные изменения в *дельта-2-диапазоне* (2-4 Гц): *частота дельта-ритма* в состоянии покоя с закрытыми глазами после вождения на симуляторе в среднем по всей группе достоверно увеличивалась (по критерию Уилкоксона, $p<0,05$).

Также были выявлены достоверные различия между *мощностью дельта-ритма* в состоянии покоя с закрытыми глазами *до* и *после* работы на симуляторе в двух группах испытуемых: у испытуемых, качество деятельности которых не изменилось, мощность *дельта-*

ритма практически не изменилась после вождения, а у испытуемых из группы, у которых ухудшилось качество деятельности, мощность *дельта-ритма* достоверно возросла (по ранговому апостериорному тесту Дункана, $p=0,04$).

Анализ *частоты тета-ритма* при функциональных пробах *до* и *после* вождения выявил, что частота максимального пика *тета-ритма* не изменялась у испытуемых с высокой силой торможения нервных процессов, а в группе испытуемых с низким показателем частота *тета-ритма* достоверно (по апостериорному критерию Дункана, $p=0,006$) снижалась у людей с низким уровнем нейротизма.

Кроме того, дисперсионный анализ показал, что частота *тета-ритма* достоверно снижалась у операторов с низким качеством вождения (по апостериорному ранговому тесту Дункана $p<0,05$), а у испытуемых с высоким качеством вождения практически не изменялась. Это может свидетельствовать о том, что у испытуемых с низким качеством вождения в большей степени проявилось состояние монотонии.

Мощность тета-ритма в состоянии покоя с *открытыми* глазами у всех испытуемых достоверно (по критерию Уилкоксона $p=0,025$) возрастала после монотонной деятельности, в то время как мощность *тета-ритма* при *закрытых* глазах во всей группе испытуемых не менялась, однако, при разделении на группы испытуемых, у которых качество вождения практически не изменилось, и испытуемых, у которых качество вождения значительно ухудшилось, было обнаружено, что мощность *тета-ритма* достоверно (по ранговому апостериорному критерию Дунакана, $p<0,05$) снизилась у первой группы и повысилась у второй группы испытуемых.

Кроме того, после вождения на симуляторе наблюдалась локализация тета-ритма в передних областях коры головного мозга (достоверно по критерию Уилкоксона, $p<0,05$), что может свидетельствовать о нарастании торможения в соматосенсорных и фронтальных областях.

Анализ *частоты* максимального пика *альфа-ритма* в состоянии покоя с *закрытыми* глазами *до* и *после* вождения показал, что она достоверно снижается у *всех* испытуемых после водительской деятельности (по критерию Уилкоксона, $p=0,001$), т.е. можно отметить, что под влиянием монотонной деятельности происходит выраженное снижение частоты основного ритма ЭЭГ.

Мощность альфа-ритма в состоянии покоя при *закрытых* глазах после монотонной деятельности достоверно снижалась ($p=0,09$ по критерию Уилкоксона) у всех испытуемых, однако более выраженное снижение наблюдалось у испытуемых с низким уровнем нейротизма и низким показателем силы торможения нервных процессов. Помимо этого, *альфа-ритм* перераспределялся от затылочных областей к центральным. Можно полагать, что снижение

мощности *альфа-ритма* в состоянии покоя с закрытыми глазами при одновременном повышении мощности *дельта2-* и *тета-ритмов* свидетельствует о том, что состояние спокойного бодрствования после вождения перетекает в состояние дремоты.

Вычисление межполушарного коэффициента асимметрии альфа-активности показало, что испытуемые разделились на две группы: группу, у которой альфа-ритм доминирует в левом полушарии (9 человек), и испытуемых, у которых альфа-ритм доминирует в правом полушарии (11 человек). Дисперсионный анализ показал, что в этих двух группах есть существенные различия в динамике психофизиологических параметров. Так, ситуативная тревожность повышалась в большей степени у испытуемых с доминированием альфа-ритма в левом полушарии (рис. 2).

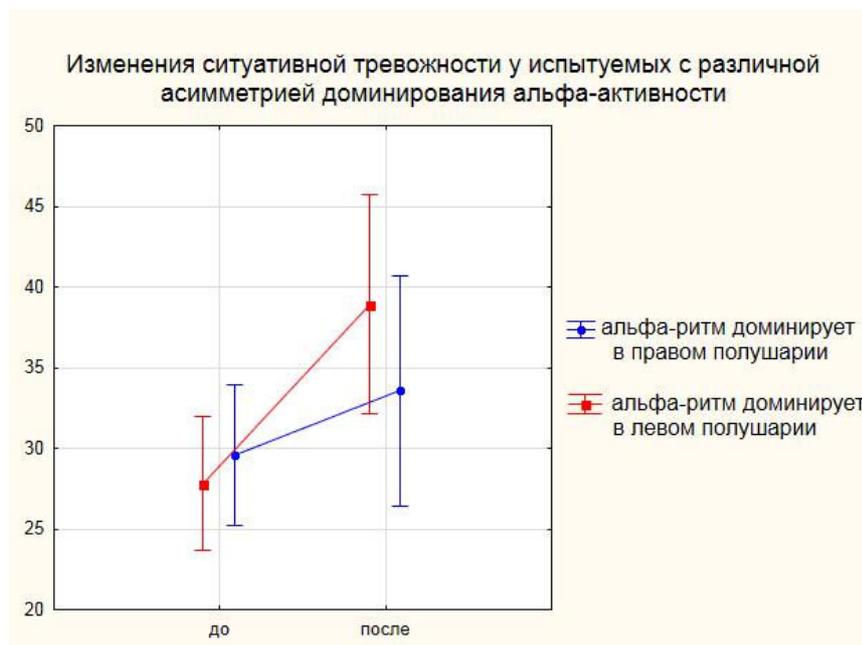


Рисунок 2 – Изменения ситуативной тревожности у испытуемых с различным межполушарным распределением альфа-активности. *Повышение сит. тревожности достоверно по критерию Уилкоксона ($p=0,02$) у испытуемых с доминированием альфа-ритма в левом полушарии.*

Кроме того, было обнаружено, что у испытуемых с доминированием альфа-активности в левом полушарии частота пульса снижалась в меньшей степени. Анализ показателей сложной зрительно-моторной реакции выявил, что у испытуемых с доминированием альфа-ритма в левом полушарии время реакции достоверно возросло ($p < 0.05$ по апостериорному тесту Дункана), а у испытуемых с доминированием альфа-ритма в правом полушарии практически не изменилось (рис. 3).

При анализе изменений *мощности бета-ритма до* и *после* вождения в состоянии покоя с *закрытыми* глазами было выявлено, что у испытуемых, качество вождения которых не изменилось к концу эксперимента, мощность *бета-ритма* снизилась (достоверно по апостериорному тесту Дункана, $p < 0,05$), а у испытуемых, качество вождения которых ухудшилось – бета-активность не изменилась.

Помимо спектральных характеристик ЭЭГ, мы анализировали один из показателей нелинейной динамики – *глобальную корреляционную размерность D2*. У испытуемых с высоким качеством вождения значения D2 после операторской деятельности снижается, а у испытуемых с низким качеством вождения – достоверно повышается (достоверно по апостериорному тесту Дункана, $p < 0,05$).

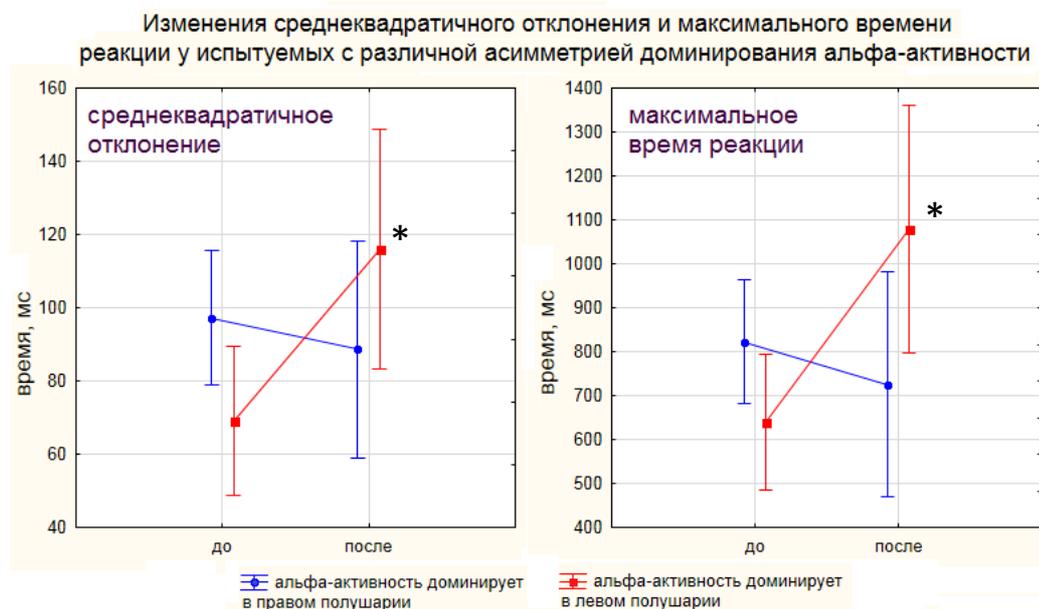


Рисунок 3 - Изменение среднеквадратичного отклонения и максимального времени реакции у испытуемых с различным пространственным межполушарным распределением альфа-активности.

*) *повышение СКО и максимального времени реакции достоверно по критерию Уилкоксона ($p < 0,05$) только у испытуемых с доминированием альфа-ритма в левом полушарии.*

Такая динамика D2 отражает то, что в состоянии покоя после работы на симуляторе у испытуемых с хорошим качеством вождения ритмы становятся более синхронизированными по сравнению с аналогичным состоянием до вождения, т.е. проявляется торможение корковых процессов, при этом у испытуемых с плохим качеством деятельность D2 не изменяется. По-видимому, это можно назвать физиологической ценой поддержания высокого качества вождения на протяжении всего времени эксперимента. Кроме того, стоит отметить, что у испытуемых с высоким качеством вождения D2 в состоянии покоя с открытыми глазами изначально было выше, чем у испытуемых с плохим качеством вождения, т.е. у первых поддерживалась более высокая степень активации нервных процессов в коре головного мозга.

В качестве иллюстрации ниже представлены нативные записи, результаты спектрального анализа и картирования фрагментов ЭЭГ, зарегистрированных во время состояния спокойного бодрствования при закрытых глазах до (а) и после (б) вождения (рис.4). После операторской деятельности значительно повышались мощности тета- и дельта-2-ритмов, а альфа-активность стала иметь диффузный характер. Такие изменения характеризуют дремотное состояние.

Динамика показателей ЭЭГ во время вождения. Анализ динамики *дельта-активности* не выявил каких-либо достоверных изменений на протяжении операторской

деятельности. Дисперсионный анализ *мощности тета-ритма во время вождения* показал, что в среднем по группе она возрастает по мере вождения, причём в большей степени у женщин.

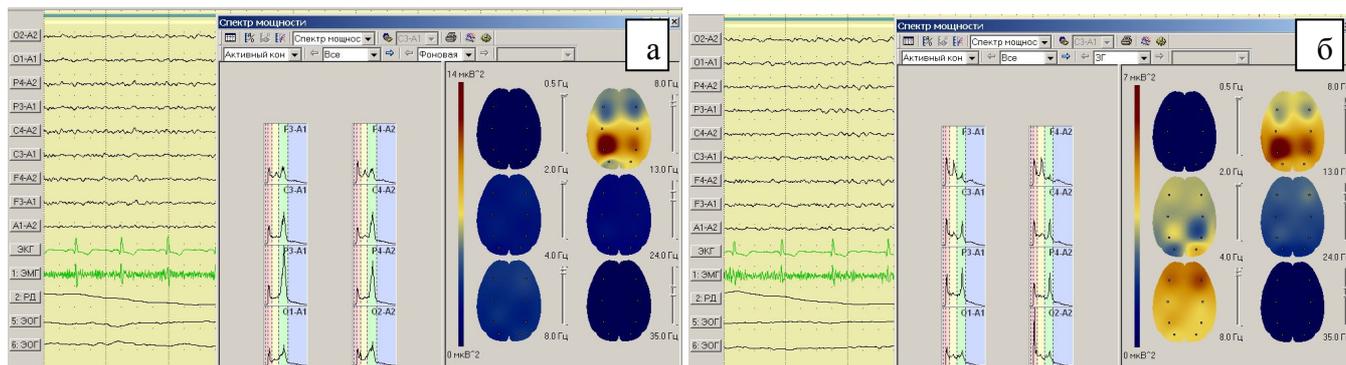


Рисунок 4 - Картирование фрагментов ЭЭГ, зарегистрированной до (а) и после (б) операторской деятельности в состоянии покоя с закрытыми глазами одного из испытуемых.

Динамика альфа-ритма во время вождения определялась индивидуальным профилем асимметрии альфа-активности. У испытуемых, у которых *альфа-ритм* доминировал в левом полушарии, достоверно повышалась его *частота* и *мощность* во время вождения, кроме того у этих испытуемых наблюдалась локализация альфа-активности в окципитальных областях (рис. 5). У этих же испытуемых по данным психофизиологического анализа после вождения повысилось максимальное время сложной зрительно-моторной реакции, увеличилась ситуативная тревожность и практически не снижалась частота пульса.

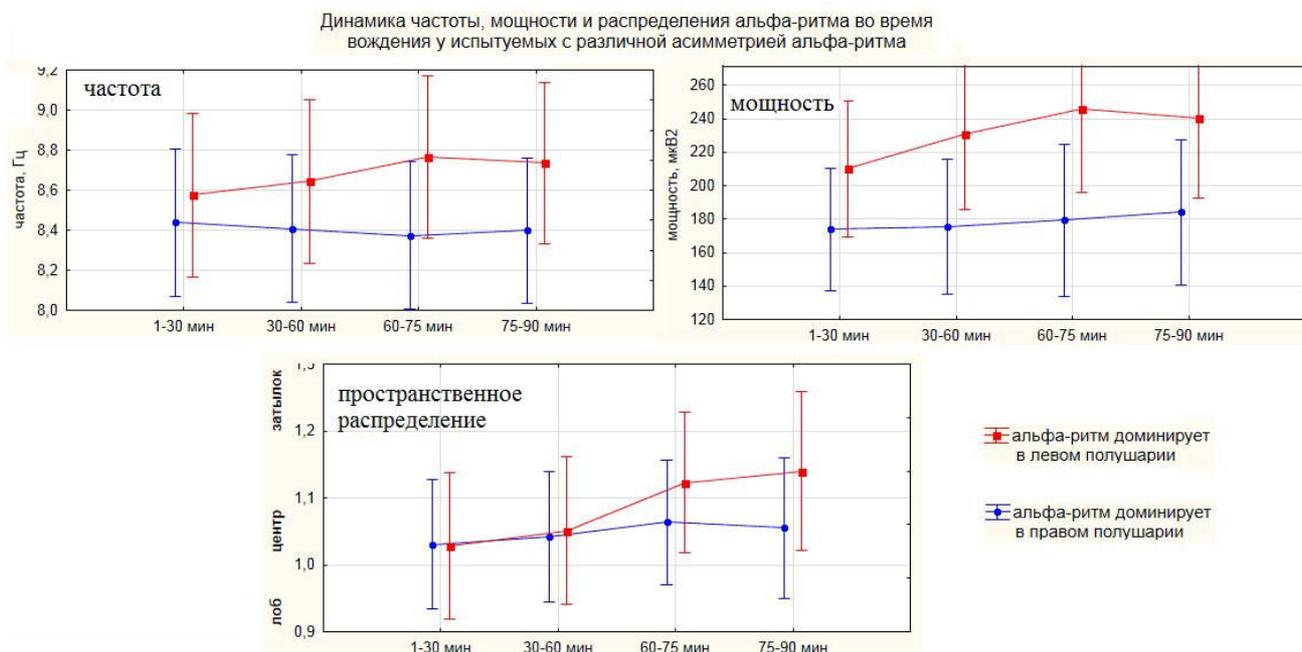


Рисунок 5 - Динамика частоты, мощности и распределения альфа-ритма во время вождения у испытуемых с различной асимметрией доминирования альфа-ритма.
 У испытуемых с доминированием альфа-ритма в левом полушарии по критерию Дункана достоверно отличаются: *) значения частоты третьего ($p=0,01$) и четвёртого периода ($p=0,02$) от первого; **) значения мощности второго ($p=0,001$), третьего ($p=0,00005$) и четвёртого периода ($p=0,00007$) от первого, а также значения третьего периода от второго ($p=0,01$); ***) значения распределения в третьем ($p=0,008$) и четвёртом ($p=0,002$) периоде от первого и в третьем ($p=0,04$) и четвёртом ($p=0,01$) периоде от второго.

Динамика *мощности бета-ритма* во время вождения характеризовалась плавным повышением, хотя при рассмотрении отдельно групп испытуемых с различной степенью индивидуальной тревожности было выявлено, что это повышение осуществляется только за счёт испытуемых с низким уровнем тревожности, хотя можно было бы предположить, что должно быть наоборот.

Рассмотрение динамики показателя глобальной корреляционной размерности *D2* во время вождения выявило следующую динамику: по мере вождения *D2* уменьшается, то есть увеличивается ритмическая составляющая ЭЭГ-сигнала, в основном из-за повышения мощности *альфа- и тета-ритмов*. Кроме того, такая динамика в большей степени наблюдается у испытуемых с низкими показателями силы торможения.

В результате длительной монотонной деятельности ухудшалась сложная зрительно-моторная реакция, снижалась частота сердцебиения, повышалась тревожность, ухудшалось самочувствие, снижалась активность. Подводя итоги исследования ЭЭГ-паттернов состояния монотонии, можно заключить, что изменения **состояния спокойного бодрствования** с закрытыми глазами после вождения на симуляторе состояли в основном в снижении мощности быстрых ритмов и повышении мощности медленных ритмов (развивалась дремота). Эти изменения в большей степени проявлялись у испытуемых, которые значительно снизили качество деятельности к концу эксперимента; у испытуемых с низкой степенью нейротизма и низкой силой торможения нервных процессов. **Во время водительской деятельности** наблюдалось повышение мощности *тета-, альфа- и бета-ритмов*. Также было обнаружено, что у испытуемых с доминированием *альфа-активности* в левом полушарии повышалось время сложной зрительно-моторной реакции, повышалась тревожность, а частота пульса практически не изменялась. Корреляции с качеством вождения у этих групп найдено не было.

Нештатная ситуация на фоне состояния монотонии

В этой серии экспериментов для операторской деятельности также использовали симулятор вождения, который был перепрограммирован таким образом, что спустя час обычного вождения внезапно менялись условия: движение резко ускорилось, и появлялись крутые «виражи», причём испытуемые ничего не знали о смене условий. Такую ситуацию, когда резко изменяются условия деятельности, специалисты называют *нештатной ситуацией*. Эта ситуация продолжалась с 60 по 75 минуту операторской деятельности.

Качество деятельности испытуемых при обычных условиях вождения никак не коррелировало с их качеством деятельности во время «нештатной ситуации». В среднем по всем испытуемым после первых 30 минут деятельности, качество вождения немного снижалось, затем во время «нештатной ситуации» оно значительно ухудшалось, так как запрограммированные условия вождения не позволяли испытуемым справляться с поставленной задачей в этот период, в последние 15 минут качество вождения всё равно было хуже, чем в начале опыта.

Дисперсионный анализ показал, что испытуемые с высокой силой торможения нервных процессов достоверно (по апостериорному критерию Дункана, $p=0,004$) лучше справились с вождением в условиях «нештатной ситуации». Кроме того, было получено, что среди 13 испытуемых, которые составляли группу хорошо справившихся с вождением, в среднем по всем этапам вождения показатели у женщин (5 человек) были достоверно (по апостериорному критерию Дункана, $p < 0,05$) хуже, чем у мужчин (8 человек).

Результаты психологического тестирования. По результатам тестирования «Свойства нервной системы» и «тест Айзенка» испытуемые разделились на группы. Статистический анализ с использованием критерия Уилкоксона показал, что самочувствие и активность всех испытуемых достоверно снижаются ($p= 0,0001$ и $p=0,002$ соответственно), но настроение не изменяется; личностная тревожность не изменяется, так же как и ситуативная тревожность. Однако дисперсионный анализ показал, что ситуативная тревожность у женщин практически не изменяется, у мужчин с высоким качеством вождения ситуативная тревожность возрастала, а у мужчин с низким качеством деятельности – снижалась.

На рис. 6 представлены значения отклонения от траектории движения двух групп испытуемых – с высоким и низким уровнем тревожности. Видно, что испытуемые с высоким уровнем тревожности лучше справляются с вождением во время обычных условий вождения, а испытуемые с низким уровнем тревожности имеют более низкие показатели вождения во время обычных условий, но во время «нештатной ситуации» успешнее справляются с водительской деятельностью.

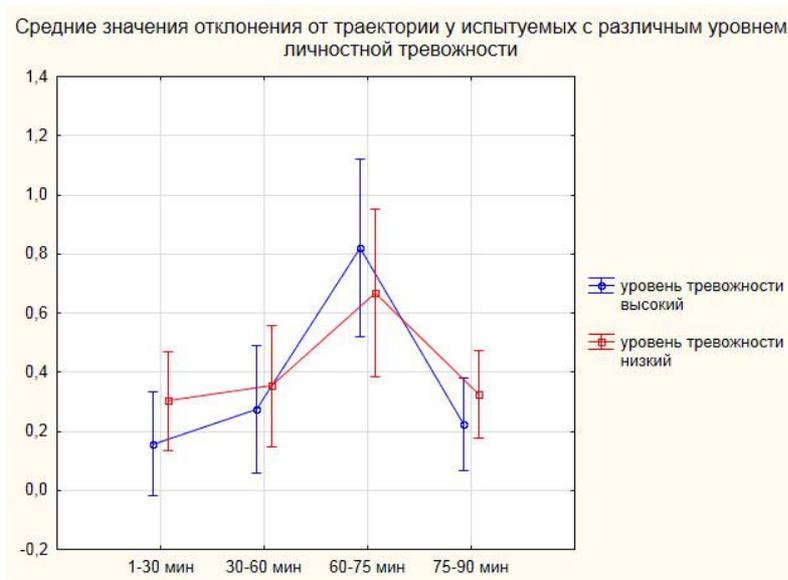


Рисунок 6. Средние значения отклонения от траектории испытуемых с различным уровнем личностной тревожности. Достоверно у испытуемых с разным уровнем тревожности различаются значения за 1-30 мин (по апостериорному тесту Дункана, $p=0,05$).

Также дисперсионный анализ показал, что самочувствие достоверно (по апостериорному критерию Дункана, $p=0,02$) ухудшается у испытуемых с низкой подвижностью нервных

процессов, причём в большей степени, чем у испытуемых с высокой подвижностью нервных процессов.

Показатели вариационной кардиометрии. Статистическое сравнение результатов до и после вождения с помощью критерия Уилкоксона показало, что длительность R-R интервалов и вариабельность сердечного ритма (СКО средней длительности R-R интервалов) достоверно ($p=0,0002$ и $p=0,019$ соответственно) увеличиваются после водительской деятельности.

Кроме того, дисперсионный анализ показал, что показатель Lf/Hf падает у испытуемых с высокой подвижностью нервных процессов и не изменяется у испытуемых с низкой подвижностью нервных процессов (достоверно по апостериорному тесту Дункана, $p<0,05$).

Показатели сложной зрительно-моторной реакции. Парное сравнение результатов до и после опыта выявило достоверные различия только по одному показателю: среднее квадратичное отклонение среднего времени реакции достоверно (по парному критерию Уилкоксона, $p=0,002$) возросло после водительской деятельности.

Дисперсионный анализ, в свою очередь, показал, что время реакции испытуемых с разным уровнем тревожности изменяется по-разному: у испытуемых с высоким уровнем тревожности скорость реакции ухудшалась, а у испытуемых с низким уровнем тревожности – улучшалась.

Изменения показателей ЭЭГ, зарегистрированных до и после вождения. Абсолютная *мощность дельта-ритма* в состоянии покоя с закрытыми глазами достоверно возрастала по сравнению с мощностью до вождения (по критерию Уилкоксона, $p=0,05$). Связи динамики *дельта-ритма* с какими-либо индивидуальными особенностями испытуемых найдено не было.

Изменения *частоты тета-ритма* в состоянии покоя с закрытыми глазами после водительской деятельности имели разную динамику у испытуемых с различными значениями силы торможения нервных процессов: у испытуемых с высокой силой торможения частота *тета-ритма* снижалась, а у испытуемых с низкой силой торможения – возрастала.

Абсолютная *мощность тета-ритма* в состоянии покоя как с закрытыми, так и с открытыми глазами достоверно возрастала после вождения на симуляторе (по парному критерию Уилкоксона, $p=0,006$ для состояния с закрытыми глазами и $p=0,05$ для состояния с открытыми глазами).

Непараметрический анализ значений *частоты альфа-ритма* в состоянии покоя с закрытыми и открытыми глазами показал, что она снижается после вождения на симуляторе (по апостериорному критерию Уилкоксона, $p=0,0008$ для состояния с закрытыми глазами и $p=0,09$ для состояния с открытыми глазами). Кроме того, дисперсионный анализ показал, что в большей степени *частота альфа-ритма* в состоянии покоя с закрытыми глазами снижается у испытуемых с высокой силой возбуждения (по критерию Дункана, $p<0,05$).

Анализ изменений абсолютной мощности альфа-ритма показал, что в отличие от первой серии экспериментов по исследованию только состояния монотонии **мощность альфа-ритма** после возникновения нештатной ситуации на фоне состояния монотонии в состоянии покоя с закрытыми глазами *не изменялась*.

Динамика показателей ЭЭГ во время вождения при возникновении нештатной ситуации. Анализ **дельта-активности** во время операторской деятельности не выявил какой-либо динамики. Средняя для всей группы испытуемых **частота тета-ритма** имела тенденцию к снижению. При этом были получены достоверные (по апостериорному тесту Дункана, $p < 0,05$) различия у двух групп: у испытуемых с плохим самочувствием частота **тета-ритма** в среднем была ниже, чем у испытуемых с хорошим самочувствием. Такая же достоверная зависимость была получена в первой серии экспериментов по влиянию состояния монотонии.

Динамика мощности тета-ритма испытуемых с различным уровнем нейротизма и подвижностью нервной системы представлена на рис. 7. Можно заметить, что значительно повышается мощность **тета-ритма** во время нештатной ситуации только у испытуемых с высоким уровнем нейротизма и низкой подвижностью нервной системы.

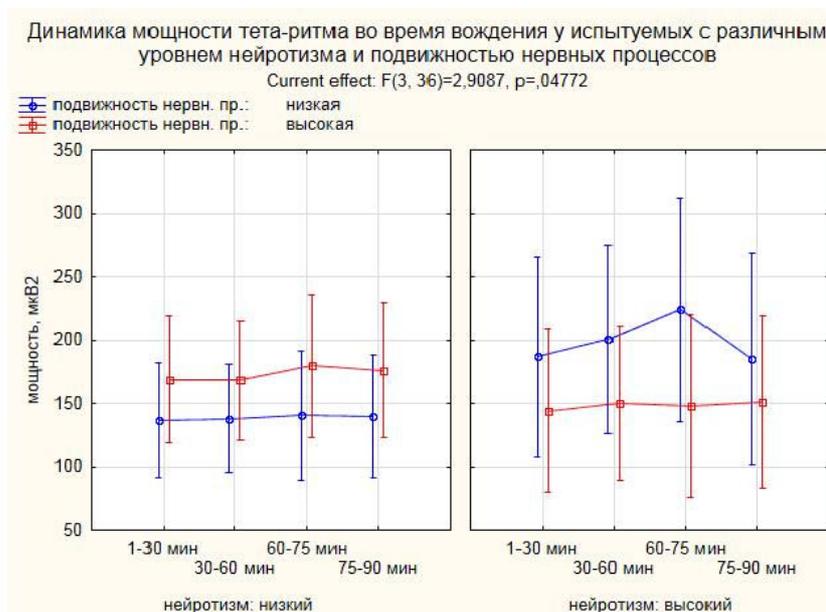


Рисунок 7. Динамика мощности тета-ритма во время вождения у испытуемых с различным уровнем нейротизма и подвижностью нервных процессов. У испытуемых с высоким нейротизмом и низкой подвижностью по апостериорному критерию Дункана достоверно отличается третий период от первого ($p=0,0002$), второго ($p=0,02$) и четвёртого ($p=0,0001$).

Абсолютная мощность альфа-ритма в состоянии спокойного бодрствования не изменялась после монотонной деятельности, но в динамике мощности во время вождения были найдены достоверные отличия. У испытуемых с низкой силой торможения нервных процессов мощность **альфа-ритма** возрастала во время нештатной ситуации, в отличие от испытуемых с высокой силой торможения.

Дисперсионный анализ альфа-активности показал, что у различных групп испытуемых с разным уровнем нейротизма и подвижности нервной системы наблюдалась та же зависимость, что и в динамике *тета-ритма*: у испытуемых с высоким нейротизмом и низкой подвижностью нервных процессов мощность *альфа-ритма* возрастала во время нештатной ситуации, у остальных испытуемых она практически не изменялась. Во время нештатной ситуации также наблюдалось достоверная (по тесту Дункана, $p < 0,05$) локализация *альфа-ритма* в затылочных областях у испытуемых с высоким уровнем нейротизма.

Дисперсионный анализ динамики *глобальной корреляционной размерности D2* во время вождения выявил, что у испытуемых с низким уровнем нейротизма значения D2 практически не изменялись во время вождения, при этом у испытуемых с высоким уровнем нейротизма D2 снижается в период с 30 по 60 минуту, а во время нештатной ситуации резко падает. После нештатной ситуации значения D2 снова повышаются. Снижение значений D2 во время нештатной ситуации связано с торможением корковых процессов, то есть повышением мощности тета- и альфа-ритмов у некоторых испытуемых.

После возникновения нештатной ситуации на фоне состояния монотонии психологические показатели, такие как самочувствие и активность, ухудшились, но на изменение ситуативной тревожности повлиял фактор пола и качества вождения. Частота пульса снизилась у всех испытуемых, так же как и в предыдущей серии экспериментов. Время реакции ухудшилось у испытуемых с высокой тревожностью, и улучшилось у испытуемых с низкой тревожностью. С вождением в обычных условиях справились лучше испытуемые с высокой тревожностью, а с задачей вождения в условиях «нештатной ситуации» – с низкой тревожностью и высокой силой торможения нервных процессов.

Хуже перенесли возникновение нештатной ситуации на фоне монотонной деятельности испытуемые с высоким нейротизмом – у них повысилась мощность альфа- и тета- ритмов, и испытуемые с низкой силой торможения – у них также повысилась мощность альфа-ритма и качество вождения во время нештатной ситуации было хуже.

Лучше справились с нештатной ситуацией испытуемые с низкой тревожностью – они продемонстрировали лучшее качество вождения во время нештатной ситуации, кроме того, у них улучшилось время реакции после вождения. Также у испытуемых с высокой подвижностью нервной системы не столь значительно ухудшилось самочувствие и активность, а вегетативный баланс после вождения сместился в сторону активизации парасимпатического отдела.

Коррекция проявлений состояния монотонии с помощью низкоинтенсивных ЭМП

В трёх различных сериях экспериментов проводились исследования по коррекции негативных проявлений состояния монотонии и нештатной ситуации с помощью трёх приборов электромагнитной терапии. Так как с каждым из испытуемых проводили по 3 эксперимента – фон, «плацебо» и воздействие, результаты в данном разделе представлены на графиках по трём экспериментам и приведены в *относительных величинах*, то есть показатели,

зарегистрированные *после* операторской деятельности, были нормированы к этим же показателями *до* операторской деятельности.

ЭМП НЧ-диапазона

Анализ *показателей качества операторской деятельности* показал, что в среднем для всей группы испытуемых значения отклонения от траектории движения были ниже в экспериментах «плацебо» и «воздействие ЭМП», чем в фоне.

Показатели *психологического тестирования*, такие как самочувствие, активность, ситуативная тревожность значительно хуже ухаживались в фоновом эксперименте. Изменения самочувствия менее всего происходили в эксперименте «плацебо», активность меньше всего снижалась после воздействия ЭМП, а ситуативная тревожность меньше всего повышалась в эксперименте с воздействием ЭМП (достоверно по критерию Уилкоксона, $p < 0,05$).

Анализ показателей *вариационной кардиометрии* показал, что после воздействия ЭМП достоверно (по критерию Уилкоксона, $p < 0,05$) и в большей степени, чем в других экспериментах, снижается частота пульса и повышается вариабельность сердечного ритма.

Достоверных отличий между динамикой показателей *сложной зрительно-моторной реакции* в трёх экспериментах найдено не было, однако, дисперсионный анализ выявил, что у экстравертов СКО времени реакции значительно возросло в фоновом эксперименте и практически не изменилось в эксперименте «воздействие» (отличие достоверно между фоновым экспериментом и экспериментом «воздействие» по критерию Дункана, $p < 0,05$), при этом отличия между экспериментами у интровертов были не столь существенными.

Сравнительный анализ *показателей ЭЭГ* в трёх экспериментах проводился по фрагментам ЭЭГ, зарегистрированным *до* и *после* водительской деятельности, то есть сравнивались относительные изменения величин, нормированные к значениям *до вождения*.

Динамика частоты тета-ритма различалась у мужчин и женщин. У мужчин она повышалась после вождения во всех трёх экспериментах, а у женщин в фоновом эксперименте мощность повышалась, в «плацебо» снижалась и не изменялась после воздействия ЭМП.

Динамика частоты *альфа-ритма* достоверно (по критерию Уилкоксона, $p < 0,05$) отличалась в эксперименте с воздействием: в среднем по группе в фоновом эксперименте и «плацебо», частота *альфа-ритма* снижалась, а после воздействия ЭМП – повышалась. Кроме того, у испытуемых с высокой силой возбуждения и высокой подвижностью нервных процессов частота альфа-ритма не изменялась в «фоне» и «плацебо» и повысилась после воздействия, а у испытуемых с низкой силой возбуждения и низкой подвижностью нервных процессов – снижалась в разной степени во всех трёх экспериментах (рис. 8).

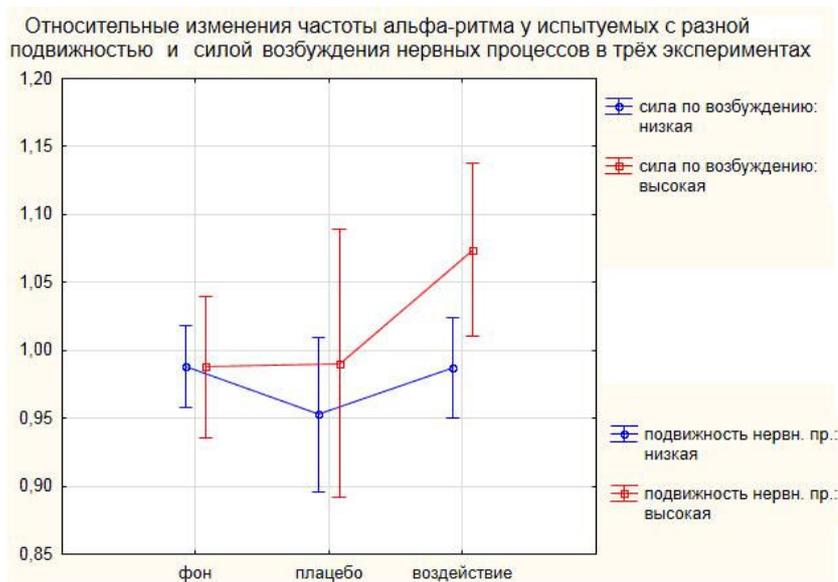


Рисунок 8. Относительные изменения частоты альфа-ритма у испытуемых с разной подвижностью нервных процессов. Значения в эксперименте «воздействие» у испытуемых с высокой силой возбуждения и высокой подвижностью нервных процессов достоверно отличается от всех других значений по апостериорному критерию Дункана, $p < 0,02$.

Динамика частоты **бета-1-ритма** также различалась у разных групп испытуемых: у операторов с низкой силой торможения нервных процессов частота **бета-ритма** значительно повышалась в эксперименте «воздействие», а у испытуемых другой группы не изменялась.

Мощность **тета-ритма** практически не менялась в «фоне» и повышалась в экспериментах «плацебо» и «воздействие», однако, дисперсионный анализ показал, что такая динамика проявлялась за счёт интровертов, у которых мощность **тета-ритма** достоверно (по тесту Дункана, $p < 0,05$) повышалась после воздействия ЭМП, а у экстравертов, в свою очередь, мощность **тета-ритма** снижалась.

Мощность **альфа-ритма** после воздействия ЭМП повышалась, в отличие от других двух экспериментов, при этом дисперсионный анализ показал, что такая динамика проявляется за счёт испытуемых с высокой подвижностью и высокой силой возбуждения нервных процессов.

Таким образом, **характер воздействия ЭМП НЧ-диапазона** и его проявления зависели от индивидуальных характеристик испытуемых, тем не менее, все испытуемые по результатам психологического тестирования субъективно чувствовали себя лучше именно в эксперименте с воздействием. Также у всех испытуемых после воздействия НЧ ЭМП значительно снизилась частота пульса при повышении вариабельности сердечного ритма. Однако у испытуемых с высокой частотой сердцебиения наблюдались негативные проявления воздействия: время сложной зрительно-моторной реакции у них ухудшилось, и повысилась мощность **тета-ритма**. А у испытуемых с высокой подвижностью и силой торможения нервных процессов, а также экстравертов проявились положительные тенденции: у них улучшились показатели СЗМР, повысилась мощность и частота **альфа-ритма**, снизилась мощность **тета-ритма**.

ЭМП КВЧ-диапазона

Анализ показателей **качества деятельности** за последние 30 минут вождения, нормированные к показателям за первые 30 минут вождения, показали, что во всех трёх

экспериментах значения отклонения от заданной траектории значительно увеличивались, то есть качество вождения ухудшалось к концу 1,5 часов.

Исследование изменений *психологического* состояния испытуемых показало, что самочувствие и активность снижались во всех трёх экспериментах после операторской деятельности, но самые значительные изменения происходили после воздействия ЭМП. Значения ситуативной тревожности также возросли во всех экспериментах, в том числе и при воздействии.

Частота сердечных сокращений – показатель вариационной кардиометрии – снижался после вождения во всех экспериментах, причём у испытуемых с хорошим качеством деятельности примерно одинаково во всех трёх экспериментах, а у испытуемых с низким качеством деятельности в большей степени в фоновом эксперименте.

Показатели *сложной зрительно-моторной реакции* ухудшались после операторской деятельности во всех трёх экспериментах.

Динамика *частот максимального пика тета-, альфа- и бета-1-ритмов* зависела от скорости реакции испытуемых и имела сходную тенденцию. Частота этих ритмов в большей степени повышалась в эксперименте с воздействием у испытуемых с высокой скоростью реакции, а у испытуемых с низкой скоростью реакции частота ритмов снижалась в экспериментах «фон» и «воздействие», а в «плацебо» практически не изменялась.

Анализ мощности ЭЭГ ритмов показал, что мощности *дельта-2- и тета-ритмов* повысились после монотонной деятельности практически одинаково во всех трёх экспериментах. Анализ мощности альфа-ритма всей группы испытуемых показал, что эксперименты «плацебо» и «воздействие» достоверно (по критерию Уилкоксона, $p < 0,05$) отличаются от фонового эксперимента: в фоновом эксперименте мощность *альфа-ритма* снижалась, а в экспериментах «плацебо» и «воздействие» – повышалась.

При делении испытуемых на группы с разной скоростью реакции и качеством вождения были получены схожие соотношения мощностей *альфа- и бета-1-ритмов* между тремя экспериментами. У испытуемых с высокой скоростью реакции и высоким качеством вождения мощность *альфа- и бета-1-ритмов* практически не изменялись в «фоне» и «плацебо» и достоверно (по тесту Дункана, $p < 0,05$) повышались после воздействия ЭМП. При этом у испытуемых с плохим качеством вождения мощности быстрых ритмов снижались в фоновом эксперименте и не изменялись в экспериментах «плацебо» и «воздействие».

Таким образом, *воздействие ЭМП КВЧ-диапазона не привело к улучшению качества деятельности, двигательно-моторной реакции или показателей вариационной кардиометрии, наоборот, испытуемые в эксперименте с воздействием отметили снижение активности и самочувствия. Среди показателей ЭЭГ-активности: у испытуемых с высокой скоростью реакции и хорошим качеством вождения наблюдалось повышение частоты и мощности альфа- и бета-ритмов после воздействия ЭМП, а у испытуемых с низкой скоростью реакции и*

плохим качеством вождения динамика изменений частот и мощностей ритмов была «средней» между фоновым экспериментом и «плацебо».

ЭМП УВЧ-диапазона

Прибор ЭМ-терапии УВЧ-диапазона применялся в серии экспериментов, когда на фоне монотонной деятельности возникала *нештатная ситуация*.

Исследование показателей *операторской деятельности* всей группы испытуемых не выявило каких-либо различий между экспериментами, но дисперсионный анализ показал, что у испытуемых с низким *альфа-индексом* качество вождения достоверно (по тесту Дункана, $p < 0,05$) улучшилось после воздействия ЭМП.

Относительные значения показателя *самочувствия* также отличались у разных групп испытуемых. В среднем самочувствие у всех испытуемых снижалось после операторской деятельности, но у мужчин, а также у испытуемых с высокой силой торможения нервных процессов самочувствие после воздействия ЭМП практически не снижалось, в то время как у женщин и испытуемых с низкой силой торможения нервных процессов самочувствие достоверно снижалось после вождения в эксперименте «воздействие». У испытуемых с низким *альфа-индексом* после воздействия ЭМП *активность* практически не снижалась.

Интересные результаты были получены по относительным изменениям показателя *ситуативной тревожности*: у мужчин в «фоне» и «плацебо» она повышалась после операторской деятельности, тогда как у женщин практически не изменялась, однако, после воздействия ЭМП у мужчин ситуативная тревожность не изменилась, а у женщин – достоверно (по тесту Дункана, $p < 0,05$) повысилась.

Показатели *вариационной кардиометрии* демонстрировали различную динамику поведения в трёх экспериментах у испытуемых с различной силой возбуждения нервных процессов. У испытуемых с высокой силой возбуждения ЧСС снижалась, а вариабельность сердечного ритма повышалась во всех экспериментах. У испытуемых с низкой силой возбуждения нервных процессов снижение ЧСС и повышение вариабельности ритма в экспериментах «плацебо» и «воздействие» было значительно более выражено, чем в фоновом эксперименте (достоверные отличия между экспериментами «фон» и «воздействие» по тесту Дункана, $p < 0,05$).

Время простой *зрительно-моторной реакции* у испытуемых с низкой частотой сердцебиения практически не изменялась после вождения на симуляторе, но у испытуемых с высокой частотой сердцебиения в экспериментах «плацебо» и «воздействие» время реакции увеличивалось.

Изменение *частоты тета-* и *альфа-ритмов* в трёх экспериментах было связано с силой возбуждения нервных процессов испытуемых. У операторов с низкой силой возбуждения

нервных процессов частота *тета*- и *альфа*-ритмов практически не изменилась ни в одном из опытов. При этом у испытуемых с высокой силой возбуждения нервных процессов частота *альфа*- и *тета*-ритмов значительно снижалась в фоновом эксперименте, а в эксперименте с воздействием ЭМП практически не изменялась (достоверные отличия между экспериментами «фон» и «воздействие» по тесту Дункана, $p < 0,05$). Такая же тенденция для двух групп испытуемых с разной силой возбуждения наблюдалась и для *бета-1*-ритма, но недостоверная.

Динамика *мощностей ЭЭГ-ритмов* также различалась у групп испытуемых с различной силой торможения и возбуждения нервной системы. У испытуемых с низкой силой торможения и возбуждения нервных процессов мощность *дельта-2*- и *тета*-ритмов во всех трёх экспериментах практически одинаково возрастала, при этом у испытуемых с высокими показателями силы торможения и возбуждения нервной системы достоверное повышение мощности ритмов наблюдалось только в фоне.

У всех испытуемых в «фоне» и «плацебо» мощность *альфа*-ритма практически не изменялась, однако, после воздействия ЭМП у испытуемых с высокой силой торможения мощность *альфа*-ритма снизилась, а у испытуемых с низкими показателями – повысилась. Кроме того, при анализе групп экстравертов и интровертов было также обнаружено, что у интровертов после воздействия ЭМП мощность *альфа*-ритма снижалась, а у экстравертов – повышалась (рис. 9).

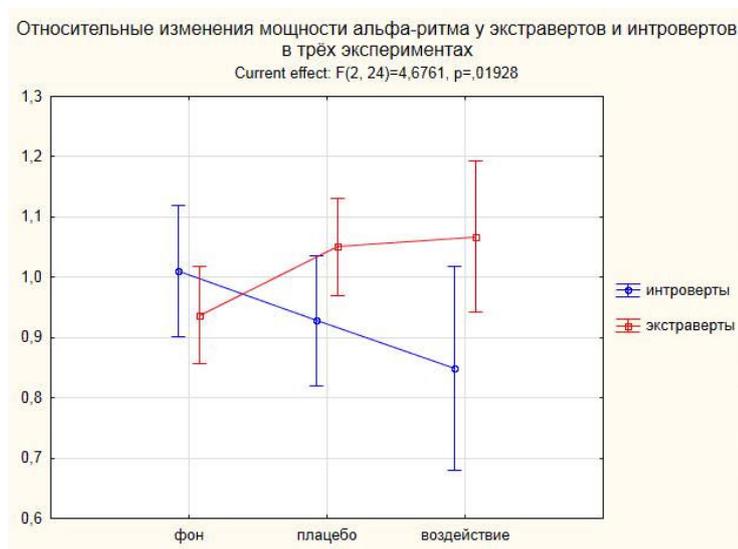


Рисунок 9. Относительные изменения мощности альфа-ритма у экстравертов и интровертов.

Анализ мощности *бета-1*-ритма не выявил никаких групповых эффектов. Мощность *бета-1*-ритма в фоновом эксперименте не изменялась, в «плацебо» – повышалась, а после воздействия – снижалась у всех испытуемых.

Таким образом, положительные изменения при воздействии ЭМП УВЧ-диапазона происходили у мужчин и у испытуемых с высокой силой нервных процессов – у них улучшилось самочувствие, ситуативная тревожность, не изменялась ЭЭГ-активность после вождения, кроме того, у экстравертов повысилась мощность альфа-ритма. Негативные проявления

наблюдались у женщин – у них снизилось самочувствие и повысилась ситуативная тревожность, и интровертов, у которых снизилась мощность альфа-ритма и повысилась доля медленной активности.

Сравнительное исследование влияния воздействия ЭМП трёх частотных диапазонов на функциональное состояние испытуемых при операторской деятельности показало, что поля с различными биотропными параметрами по-разному влияют на испытуемых с различными типологическими особенностями. Положительные изменения после воздействия ЭМП НЧ-диапазона наблюдались у испытуемых с высокой тревожностью, экстравертов, и испытуемых с высокой подвижностью и силой возбуждения нервной системы. У воздействия поля КВЧ-диапазона был скорее седативный эффект, хотя наблюдалось повышение частоты и мощности быстрых ЭЭГ-ритмов у испытуемых с высокой скоростью реакции. Воздействие ЭМП УНЧ-диапазона оказало выраженный положительный эффект, при этом в большей степени он был выражен у испытуемых с сильной нервной системой и экстравертов. У женщин отмечалось ухудшение самочувствия и повышение ситуативной тревожности после воздействия ЭМП.

Обсуждение

Анализ полученных результатов в первой серии экспериментов по влиянию **состояния монотонии** на человека-оператора при выполнении водительской деятельности показал, что изменения происходят как в психологическом состоянии, так и в различных системах организма – в двигательной, вегетативной, нервной.

Ухудшение самочувствия, снижение активности и повышение уровня тревожности свидетельствует о том, что монотонная деятельность приводит не только к снижению тонуса нервной и двигательной системы, но и к нарастанию эмоционального напряжения. Было также обнаружено, что у испытуемых с высоким уровнем нейротизма в меньшей степени меняются показатели ЭЭГ после работы на симуляторе. Возможно, что повышенная возбудимость испытуемых с высоким уровнем нейротизма и ЧСС позволили им сохранить высокое качество вождения и скорость реакции в условиях однообразия сенсорных воздействий.

Регистрация электрической активности мозга *во время* операторской деятельности дала возможность проследить динамику изменения ЭЭГ-паттернов и приблизиться к пониманию механизмов данного функционального состояния. Мы выявили, что по мере вождения мощности тета-, альфа- и бета-ритмов повышались, данные изменения наблюдались у всех операторов, но в разной степени. Кроме того, мы также наблюдали повышение частоты альфа-ритма. То есть, наряду с процессами, характеризующими затормаживание корковых процессов, такими как повышение мощности тета- и альфа-ритмов во время вождения, были зафиксированы и другие процессы, такие как повышение мощности бета-ритма и частоты альфа-ритма, свидетельствующие об активации. Подобный паттерн также обнаружил в своих исследованиях В.Н. Кирой [Кирой, 2005, Kirou, 1996], причём он и некоторые другие авторы [Тхоревский, 1985] рассматривают подобное одновременное увеличение мощности как альфа- и тета-, так и бета-ритмов как отражение двух противоположных тенденций – снижение функционального состояния коры как генеральной тенденции, и поддержание на высоком уровне активности областей, которые обеспечивают реализацию деятельности, то есть повышения уровня напряжения, связанного с преодолением снижения уровня бодрствования за счёт волевых усилий.

В работе Ткаченко О.Н. по исследованию дремотного состояния водителей было обнаружено, что различные семейства альфа-ритма по-разному реагируют при повышении

уровня сонливости во время вождения. Так, во время периодов расслабления, повышалась мощность «нижнего» альфа-ритма, а во время того, когда испытуемый пытался восстановить высокий уровень внимания, происходило кратковременное увеличение мощности «верхнего» альфа-ритма [Ткаченко, 2012].

Также в ряде работ [Данько, 2003, 2006; Ray W.J., 1985; Cooper, 2003] было показано, что синхронизация альфа-активности при бодрствовании не обязательно связана с переходом в режим релаксации, в некоторых ситуациях она может сопровождать активацию умственной деятельности, не связанной с обработкой вновь поступающей извне информацией.

Результаты ЭЭГ-фМРТ сопоставления при двигательной пробе, выявившие нарастание когерентности высокочастотного альфа-ритма в зоне основного коркового фМРТ ответа, также позволяют рассматривать этот ритм в качестве активной составляющей ЭЭГ [Болдырева, 2013].

Изменения ЭЭГ-активности *после* водительской деятельности в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами характеризуются снижением мощности альфа-ритма и повышением тета- и дельта-активности. Такой ЭЭГ-паттерн отражает возникновение дремотного состояния после завершения 1.5 часовой работы на симуляторе, что подтверждают работы [Santamaria J, 1987; Дорохов, 2003].

Ещё одна интересная взаимосвязь между межполушарной топографией альфа-ритма и проявлениями состояния монотонии требует интерпретации: было получено, что у испытуемых с доминированием альфа-ритма в левом полушарии после операторской деятельности повышается тревожность, частота пульса при этом не снижается в отличие от другой группы испытуемых, увеличивается время реакции, а кроме этого, во время вождения повышается мощность и частота альфа-ритма в окципитальных областях.

Известно, что у большинства правшей суммарная мощность альфа-активности несколько выше в правом полушарии, поскольку ведущее – левое полушарие – имеет исходно более высокий уровень активации. При этом преобладание альфа-активности у праворуких в левом полушарии связывают с негативных функциональным состоянием нервной системы [Жаворонкова, 2009]. Анализ литературы показал, что левостороннюю асимметрию индекса альфа-ритма (доминирование мощности альфа-ритма в левом полушарии) в окципитальных областях обычно связывают со стрессовым или негативным психологическим состоянием [Левашов, 2012]. С другой стороны, известно, что правое полушарие связывают с восприятием и экспрессией негативных эмоций [Русалова, 2004; Симонов, 2004; Хомская, 1992]. В частности, депрессивные переживания, возникающие при поражении левого полушария, рассматривают как результат растормаживания правого, а эйфорию, нередко сопровождающую поражение правого полушария, – как результат активации левого [Изнак, 2013].

Стоит отметить, что корреляции между качеством вождения и доминированием альфа-активности в одном из полушарий найдено не было. Таким образом, *во время* вождения у группы с доминированием альфа-активности слева увеличивалась только мощность и частота альфа-ритма в затылочных областях, а ухудшение зрительно-моторных функций наблюдалось уже после вождения. Возможно, это связано с тем, что все испытуемые были мотивированы на хорошее выполнение задачи вождения. Качество деятельности не было напрямую связано с асимметрией альфа-активности, но у испытуемых с доминированием альфа-ритма в левом полушарии выполнение задачи вызывало большее эмоциональное напряжение и энергозатраты, в связи с чем после окончания вождения у них повысилась тревожность, частота пульса не снизилась, как у других испытуемых, а время зрительно-моторной реакции повысилось, поскольку мотивирующего фактора уже не было.

Таким образом, можно заключить, что с задачей вождения (полагаем, что данные выводы можно распространить и на задачи, связанные с корректировкой траектории движения, либо удержания объекта в рамках заданной области) в состоянии монотонии *хуже* справляются люди с доминантным преобладанием альфа-ритма в левом полушарии, а также с низкой степенью нейротизма и частотой пульса, с низкой силой торможения нервных процессов. Несмотря на то, что по данным литературы [Кирой 2002; Ильин, 2005] на устойчивость к факторам монотонии влияют такие индивидуальные характеристики, как экстравертность-интровертность, уровень тревожности, подвижность нервных процессов, мы не получили достоверных различий по этим группам испытуемых в динамике психофизиологических характеристик.

Динамика психофизиологических характеристик во второй серии экспериментов – *при возникновении нештатной ситуации* на фоне монотонной деятельности – несколько отличалась от таковой в первой серии, когда операторы испытывали только состояние монотонии, кроме того, во второй серии экспериментов индивидуальные различия в реакциях были более выражены.

Так, качество вождения при нештатной ситуации было лучше у испытуемых с низкой тревожностью, а до и после появления этой ситуации во время вождения – у испытуемых с высокой тревожностью. Кроме того, после операторской деятельности в этой серии сложная зрительно-моторная реакция улучшалась у испытуемых с низкой тревожностью и ухудшалась у испытуемых с высокой тревожностью.

Психологические исследования, проводившиеся при изучении экстремальных ситуаций и стратегий поведения в них, выявили, что реакции на возникновение нештатной ситуации могут быть совершенно разными и зависят от типологического портрета человека, находящегося в данной ситуации. Для людей с высоким уровнем тревожности свойственен пассивно-оборонительный стиль поведения, характеризующийся дезадаптацией с интрапсихической направленностью. Характер действий при этом пассивный, оценка сложившейся ситуации как непреодолимой [Мокшанцев, 2001].

Интересно также, что в данной серии экспериментов было получено много различий в реакциях разных психофизиологических показателей, связанных с подвижностью нервных процессов, в то время как в первой серии (по исследованию монотонии) различий в группах с разной подвижностью выявлено не было. Е.П. Ильин [Ильин, 1976,б], рассматривая влияние типологических характеристик человека на деятельность человека в экстремальных ситуациях, экспериментально показал, что устойчивость к неблагоприятным состояниям определяется комплексом особенностей проявления различных свойств нервной системы. При этом одна и та же типологическая особенность может обеспечить устойчивость к одному состоянию и облегчить возникновение другого состояния. Например, подвижность нервной системы, повышая устойчивость к экстремальным ситуациям, является в то же время неблагоприятным фактором для состояния монотонии.

При анализе ЭЭГ во время возникновения нештатной ситуации нами было обнаружено, что мощность альфа-ритма повышается у испытуемых с низкой подвижностью нервных процессов и высоким уровнем нейротизма, а также у испытуемых с низкой силой торможения нервных процессов. Низкая сила торможения может проявляться у меланхоликов, если сила возбуждения низкая, или у холериков, если сила возбуждения высокая (тогда она не компенсируется достаточной силой торможения). Таким образом, второй показатель, который выявился в дисперсионном анализе, также является свойством меланхоликов и холериков.

Кроме того, испытуемые с низкой силой торможения нервных процессов хуже справились с вождением во время нештатной ситуации, чем испытуемые с высокой силой торможения.

Таким образом, с задачей вождения во время возникновения нештатной ситуации лучше справились испытуемые с низким уровнем тревожности и нейротизма, высокой подвижностью и высокой силой торможения нервных процессов, то есть те люди, которые по данным литературы считаются менее мононоустойчивыми [Ильин, 2005].

В третьей серии экспериментов по исследованию возможности применения *приборов ЭМ-терапии* для коррекции функционального состояния операторов мы использовали ЭМП трёх различных диапазонов – крайневысокочастотное, низкочастотное и ультравысокочастотное. При этом было установлено, что реакции на разные поля у испытуемых с различными индивидуальными качествами также различались.

Известно, что индивидуальная чувствительность к различным стимулам варьирует у разных людей. Чуян Е.Н. в своей работе сообщает о том, что индивидуальная чувствительность организма человека и животного к действию низкоинтенсивного ЭМП КВЧ-диапазона связана с индивидуальным профилем функциональной асимметрии [Чуян, 2006]. Автор отмечает, что коррекция гипокинетических расстройств лучше происходила у животных «правшей» и «амбидекстров».

Исследование этого же автора по влиянию ЭМ-излучения КВЧ-диапазона на психофизиологическое состояние детей показало, что у детей со слабой нервной системой коррегирующий эффект проявлялся более выраженно – объём слуховой и смысловой памяти у них значительно возрастал. Кроме того, испытуемые парасимпатического типа реагировали на воздействие быстрее, а у детей симпатического типа положительные изменения наблюдались только после нескольких сеансов воздействия [Чуян, 2001].

Таким образом при использовании ЭМП в терапии или при коррекции функциональных состояний необходимо учитывать, что биотропные характеристики поля, так же как и индивидуальные особенности людей влияют на эффект, который оказывает данное поле.

На основании полученных данных можно дать следующие практические рекомендации. С операторской деятельностью в условиях состояния монотонии лучше справляются люди с высоким нейротизмом и высокой силой торможения нервных процессов, а также испытуемые, у которых мощность альфа-ритма доминирует в правом полушарии. Однако при возникновении нештатной ситуации люди с высоким уровнем нейротизма не смогут справиться задачей в новых условиях. Поскольку в реальной жизни возникновение нештатной ситуации при выполнении какой-либо монотонной деятельности происходит достаточно часто, причём, крайне важным бывает именно в этот момент совершить правильные и рациональные действия, то в этом случае стоит скорее принимать на работу людей с низким уровнем нейротизма, высокой подвижностью и силой нервной системы и уравновешенными силами торможения и возбуждения, т.е. сангвиников.

Кроме того, по результатам исследования было получено, что приборы ЭМ-терапии можно использовать при коррекции функционального состояния при монотонной деятельности и возникновении нештатной ситуации, при этом необходимо учитывать различную чувствительность людей к ЭМП с разными биотропными параметрами.

Выводы

1. Развитие и проявления состояния монотонии при длительной операторской деятельности, и стратегия поведения определялись индивидуальными особенностями

испытуемых, такими как пространственное распределение альфа-ритма ЭЭГ, сила торможения и подвижность нервных процессов, уровень нейротизма и тревожности, частота пульса.

2. В результате монотонной операторской деятельности у испытуемых достоверно ухудшалось самочувствие и зрительно-моторная реакция, повышалась ситуативная тревожность, а во время вождения повышалась мощность тета-, альфа- и бета- ритмов – эти негативные проявления были более выражены у испытуемых с доминированием альфа-активности в левом полушарии.

3. Было выявлено, что у испытуемых, качество вождения которых ухудшилось, в состоянии покоя с закрытыми глазами *после* вождения на симуляторе повышалась мощность дельта- и тета-ритмов и снижалась мощность альфа-ритма, что отражало появление дремотного состояния.

4. В результате возникновения нештатной ситуации на фоне состояния монотонии у всех испытуемых после вождения в состоянии покоя повышалась мощность и частота дельта-ритма, мощность тета-ритма, снижалась частота альфа-ритма; остальные реакции определялись индивидуальными особенностями.

5. Негативные проявления после возникновения нештатной ситуации на фоне состояния монотонии наблюдались у испытуемых с высоким нейротизмом и низкой подвижностью нервных процессов – во время нештатной ситуации повышалась абсолютная мощность тета- и альфа-ритмов, что свидетельствует о развитии корковых процессов торможения; у испытуемых с низкой силой торможения нервных процессов – во время нештатной ситуации повышалась мощность альфа-ритма, значительно ухудшилось качество вождения.

6. Отсутствие выраженных негативных проявлений в экспериментах с возникновением нештатной ситуации на фоне состояния монотонии наблюдалось у испытуемых с высокой подвижностью нервной системы (у них практически не изменялись показатели ЭЭГ и психологического тестирования, вегетативный баланс смещался в сторону усиления активности парасимпатической нервной системы), а также у испытуемых с низкой тревожностью (у них улучшалась зрительно-моторная реакция и показатели работы на симуляторе во время нештатной ситуации).

7. Результаты комплексного исследования индивидуальных характеристик операторов (таких как уровень нейротизма, тревожности, сила и подвижность нервной системы, показатели ЭЭГ) позволяют прогнозировать реакции человека-оператора при длительной монотонии деятельности и возникновении нештатных ситуаций.

8. Использование низкоинтенсивных электромагнитных полей позволяет скорректировать функциональное состояние оператора, однако, при этом необходимо учитывать как биотропные

характеристики поля, так и индивидуальные особенности человека-оператора, которые определяют степень и характер реакций организма на воздействии ЭМП.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Лебедева Н.Н., Вехов А.В., Смирнова Е.Д. Психофизиологические корреляты состояния монотонии: гендерные различия // Биомедицинская радиоэлектроника. 2011. 4: с. 26-33.
2. Лебедева Н.Н., Вехов А.В., Смирнова Е.Д. Исследование возможности коррекции функционального состояния человека в условиях монотонной операторской деятельности с помощью низкоинтенсивного электромагнитного поля // Биомедицинская радиоэлектроника. 2011. 9, с. 9-16.
3. Лебедева Н.Н., Каримова Е.Д. Динамика ЭЭГ-реакций человека-оператора в состоянии монотонии в условиях воздействия низкоинтенсивного электромагнитного поля ММ-диапазона // Биомедицинская радиоэлектроника, 2012, № 5, с. 27-35.
4. Лебедева Н.Н., Вехов А.В., Каримова Е.Д. Коррекция функционального состояния человека-оператора в условиях длительной монотонной деятельности с помощью низкоинтенсивного электромагнитного поля ММ-диапазона // Бюллетень медицинских Интернет-конференций, 2012, Том 2, № 6, с. 349-354.
5. Лебедева Н.Н., Вехов А.В., Каримова Е.Д. Гендерные особенности реакций в различных функциональных состояниях при операторской деятельности // Биомедицинская радиоэлектроника, 2013, №2, с. 28-35.
6. Смирнова Е.Д. Гендерные различия в динамике функционального состояния человека-оператора в условиях монотонной деятельности // Тезисы докладов XVIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных Ломоносов- 2011. Москва. 2011. с. 210.
7. Лебедева Н.Н., Вехов А.В., Смирнова Е.Д. Коррекция состояния монотонии человека-оператора с помощью низкоинтенсивного электромагнитного поля // Научные труды III съезда физиологов СНГ. Москва-Ялта. 2011. с. 295.
8. Каримова Е.Д., Лебедева Н.Н., Вехов А.В. Изменение функционального состояния человека-оператора и качества его деятельности при длительной работе на симуляторе вождения // Тезисы докладов XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных Ломоносов-2012, Москва, 2012, с. 207.
9. Каримова Е.Д., Лебедева Н.Н., Вехов А.В. Негативное влияние монотонной деятельности на нервную систему человека-оператора, и профилактика неблагоприятных последствий с помощью низкоинтенсивного электромагнитного поля // Тезисы докладов Восьмого международного междисциплинарный конгресса «Нейронаука для медицины и психологии» – Москва, 2012, с. 191-192.
10. Каримова Е.Д. Гендерные особенности реакций в состоянии монотонии и при коррегирующем воздействии низкоинтенсивных ЭМП // Тезисы докладов XVI Школы-конференции молодых учёных по физиологии высшей нервной деятельности и нейрофизиологии. Москва, 2012, с. 20.
11. Каримова Е.Д. Особенности реакций в состоянии монотонии и при возникающей экстремальной ситуации: гендерные различия // Тезисы докладов Девятого международного междисциплинарный конгресса «Нейронаука для медицины и психологии» – Москва, 2013, с. 101.
12. Лебедева Н.Н., Вехов А.В., Каримова Е.Д. Гендерные особенности реакций в состоянии монотонии и эмоциональном напряжении // XXII съезд Физиологического общества имени И. П. Павлова: Тезисы докладов. – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2013. С. 293.