

9. *Марцинковская Т. Д.* Информационное пространство как фактор социализации современных подростков / Т. Д. Марцинковская // Мир психологии. — 2010. — № 3.
10. *Поливанова К. Н.* Детство в меняющемся мире [Электронный ресурс] / К. Н. Поливанова // Современная и зарубежная психология. — 2016. — Т. 5, № 2. — Режим доступа: <http://psyjournals.ru/jmfp/2016/n2/82357.shtml> (дата обращения: 20.07.2019).
11. *Прихожан А. М.* Подросток в учебнике и в жизни: кризис 13 лет / А. М. Прихожан, Н. Н. Толстых // На пороге взросления : сб. науч. ст. — М. : МГППУ, 2011.
12. *Толстых А. В.* Одинокая толпа. Возрастная и педагогическая психология : Хрестоматия : для студ. высш. пед. учебных заведений / сост. И. В. Дубровина, А. М. Прихожан, В. В. Зацепин. — М. : Академия, 2001.
13. *Толстых А. В.* Опыт конкретно-исторической психологии личности / А. В. Толстых. — СПб. : Алетейя, 2000.
14. *Фельдштейн Д. И.* Человек в современном мире: тенденции и потенциальные возможности развития / Д. И. Фельдштейн. — М. : Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та ; Воронеж : МОДЭК, 2008.
15. *Шнейдер Л. Б.* Девиантное поведение детей и подростков / Л. Б. Шнейдер. — М. : Академический Проект ; Трикста, 2005.

З. Ф. Зверева

д-р мед. наук,
старший научный сотрудник ФГБУ ГНЦ «Федеральный биофизический
центр имени А. И. Бурназяна»
Федерального медико-биологического агентства России

Е. В. Мирошник

д-р психологии, канд. психол. наук,
старший научный сотрудник
ФГБУ ГНЦ «Федеральный биофизический
центр имени А. И. Бурназяна»
Федерального медико-биологического агентства России

Опыт оптимизации функционального состояния человека музыкальными средствами

Z. F. Zvereva

Dr. Sci (Medicine),
Senior Scientific Associate, A. I. Burnazyan Federal Biophysical Center,
Federal Medical Biological Agency of Russia

E. V. Miroshnik

Dr. Sci (Psychology), Ph. D (Psychology), Senior Scientific Associate,
A. I. Burnazyan Federal Biophysical Center,
Federal Medical Biological Agency of Russia

Experience of a person's functional state optimization by musical means

В рамках концепции функционального комфорта, определяющей оптимальное функциональное состояние активно действующего (работающего) человека и его цену психофизиологической деятельности, было проведено исследование по воздействию индивидуальных музыкальных программ, подобранных на базе мобильного программно-аппаратного комплекса

«Кабинет эмоционального здоровья» (МПАК «КЭЗ»), с помощью биометрических методик «Экспресс-портрет», «ВибраМед», «Зонди. ПСИ-эксперт» и аппаратно-программной методики «Бос-нейрокомфорт» с ЭЭГ-анализом. Доказано, что возможным механизмом оптимизации функционального состояния человека и формирования состояния продуктивной напряженности при использовании музыкальных средств в виде индивидуальных музыкальных программ может быть снижение активации в коре головного мозга, осуществляющейся при участии структур ретикулярной формации ствола, и повышение активации, осуществляющейся с участием таламических образований.

Ключевые слова: оптимальное функциональное состояние, продуктивная напряженность, функциональный комфорт, цена деятельности, индивидуальные музыкальные программы.

Задача оптимизации функционального состояния (ФС) современного человека, подвергающегося в процессе жизнедеятельности и труда воздействию многих негативных факторов, является актуальной как в плане улучшения его производственной деятельности, так и в плане сохранения здоровья и профессионального долголетия. В проводимых во ВНИИТЭ в течение ряда лет исследованиях был разработан и обоснован концептуальный аппарат функционального комфорта (ФК), являющийся теоретической основой оптимизации ФС человека [12, с. 125–133]. ФК определяется как оптимальное ФС активно действующего (работающего) человека, свидетельствующее о благоприятных условиях и средствах деятельности, ее цели, процессах и содержании. Для ФК характерно сочетание высокого уровня успешности деятельности с низкими нервно-психическими затратами человека на ее выполнение, что способствует сохранению его здоровья и работоспособности и, как следствие, профессионального долголетия [13, с. 8–19].

В концепции ФК как ведущее ФС человека рассматривается напряженность, которая сопровождает любую целенаправленную деятельность и является показателем степени соответствия условий деятельности функциональным возможностям человека. В зависимости от степени мобилизации функций организма возникают разные формы напряженности, критерием выделения и оценки которых служит степень адекватности мобилизации психофизиологических функций характеру деятельности. Адекватная мобилизация психофизиологических функций наиболее вероятна при достижении человеком состояния рационального расходования нервной энергии и расценивается как продуктивная напряженность, для которой характерны минимальные энергозатраты организма и высокая результативность деятельности, что обеспечивает длительную работоспособность человека без признаков его преждевременной утомляемости. При ФК наблюдается оптимальная (низкая) психофизиологическая цена деятельности [12, с. 125–133; 13, с. 8–19].

Уровни продуктивной напряженности и соответствующие им энергетические затраты человека определяются уровнями активации различных систем организма, которые оцениваются по комплексу психофизиологических показателей. По ним же определяется психофизиологическая цена выполняемой деятельности. Исследования психофизиологической цены деятельности показали, что повышение уровня активации до определенной критической ве-

личины ведет к улучшению выполняемой деятельности, однако дальнейшее повышение этого уровня приводит к ухудшению ее выполнения. Существует оптимальный уровень активации функциональных физиологических систем для выполнения каждой деятельности, который при условии согласованности внешних и внутренних средств деятельности порождает ФК.

Одним из наиболее доступных средств оптимизации ФС человека для достижения ФК, по мнению Л. Д. Чайновой и соавт. [14, с. 105–111], является звуковая стимуляция в виде музыкального воздействия.

В лаборатории ВНИИТЭ была разработана и обоснована система музыкальных средств оптимизации ФС человека в виде индивидуальных музыкальных программ (ИМП) [7, с. 1–30]. При составлении ИМП учитывались темпераментальные свойства личности, ее эмоциональный тип, а также индивидуальные личностные особенности, определяемые возрастом, полом, профессией, уровнем культуры, средой обитания, музыкальным образованием человека, уровнем его музыкальных способностей. На базе полученных данных формировался индивидуализированный музыкальный портрет личности, затем на основе каталога музыкальных произведений разных жанров, с учетом установленных психических свойств, составлялась музыкальная программа.

Система оптимизации ФС человека в виде ИМП основывалась на музыкальных критериях: мелодия (характеризует распределение звуков и созвучий во времени, их сочетание и гармонизацию), ритмика (определяет стиль и жанр музыки), саунд (характеризует работу звукорежиссера, качество записи, общее звучание композиции), контекст (характеризует субъективное отношение слушателя к человеку, создавшему данную музыку), инструментал (набор используемых в композиции инструментов), грув (импульсация, движение в музыкальной композиции, ее настроение), лирика (подразумевается наличие текста в вокальной музыке), ассоциативный ряд (сюжеты, образы и мысли, появляющиеся во время прослушивания композиции).

Обоснование применения системы оптимизации ФС человека в виде ИМП осуществлялось по специальной программе, включавшей, кроме диагностики испытуемых (определение типа нервной системы, психотипа и других особенностей личности), следующее:

- использование полиэффекторного метода (синхронную регистрацию психофизиологических параметров) при предъявлении испытуемому экспериментального музыкального материала;
- определение уровня корреляции субъективных оценок испытуемых с полученными объективными экспериментальными данными;
- определение возможности оптимизации ФС испытуемых (достижение ФК) с помощью отобранного экспериментального музыкального материала.

В совокупности это позволило зафиксировать устойчивые эффекты оптимизации ФС испытуемых на психологическом и психофизиологическом уровнях при применении ИМП. В нашем исследовании это стало основани-

ем для использования ИМП в целях средств оптимизации ФС работников туристического бизнеса. Выбор конкретных программ для каждого работника стал одной из целей нашего исследования.

Использование метода полиэффекторной (синхронной) регистрации вегетативных показателей и спектральной мощности (СМ) биоэлектрической активности (БА) головного мозга при одновременной оценке эмоционального воздействия музыкальных средств на человека позволило установить, что воздействие оптимизирующих ФС музыкальных средств сопровождалось изменением уровня активации коры головного мозга [7, с. 1–30; 10, с. 18–25].

Различная по локализации и степени выраженности активация корковых зон при воздействии оптимизирующих ФС музыкальных средств обеспечивается механизмом восходящих активирующих влияний со стороны неспецифических структур центральной нервной системы (ЦНС) — ретикулярной формации (РФ) ствола [6, с. 18–33; 9, с. 11–17; 10, с. 18–25], в аппарате которой различают две формы активации: тоническую (генерализованную) и фазическую (локальную). Тоническая активация, связанная с функцией нижних стволовых отделов РФ, генерализованно, диффузно поддерживает определенный уровень возбудимости в коре и подкорковых образованиях. Фазическая, связанная с верхними отделами ствола мозга и неспецифической таламической системой, локально и избирательно распределяет воздействия восходящей активации на кору и подкорковые образования [6, с. 18–33; 8, с. 94–298].

Мы предположили, что два вида активации — тоническая (связанная с РФ ствола, генерализованно, диффузно поддерживающая определенный уровень возбудимости в коре) и фазическая (связанная с неспецифической таламической системой, локально, избирательно распределяющая воздействия восходящей активации на кору) — в механизмах достижения оптимального для ФК состояния (состояния продуктивной напряженности) участвуют различающимися между собой способами, что, соответственно, по-разному проявляется в параметрах БА головного мозга.

Целями исследования стали:

- анализ по показателям ЭЭГ механизмов достижения оптимального для состояния ФК (состояния продуктивной напряженности) уровня активации коры головного мозга под воздействием музыкальных средств оптимизации ФС человека в виде ИМП;
- выбор с помощью ЭЭГ ИМП для работников туристического бизнеса, наиболее оптимизирующих их ФС.

Методы и объект исследования. В исследовании приняли участие 12 человек (двое мужчин) — работников туристического бизнеса (менеджеров, горничных), средний возраст $34,3 \pm 9,0$ года, все здоровы (со слов обследуемых).

Подбор ИМП осуществлялся по разработанной в лаборатории ВНИИТЭ методике [7, с. 1–30]. Использовался экспресс-вариант, основанный на био-

метрических бесконтактных методиках оценки психотипа и его эмоционального состояния по виброизображению при обязательном учете темпераментального статуса человека [5, с. 3–82]. Применялись методики мобильного программно-аппаратного комплекса «Кабинет эмоционального здоровья» («Кабинет ЭЗ»: «Экспресс-портрет», «ВибраМед») и программа экспресс-оценки музыкального психотипа «Бос-нейрокомфорт».

Процедура исследования. С помощью биометрической методики «Экспресс-портрет» определялся психотип человека (экстраверсия — интроверсия, сенсорика — интуиция, логика — этика, рациональность — иррациональность), затем по виброизображению выявлялся уровень напряженности, его эмоциональное состояние, далее определялась формула темперамента (по Белову А. [11, с. 4–7]). На базе полученных данных формировался музыкальный портрет личности, с учетом которого специалист в области эргономики и музыкальной психологии подбирал три музыкальных средства оптимизации ФС из каталога музыкальных произведений разных жанров.

Для изучения функциональной организации мозга обследуемых регистрировали ЭЭГ в 16 отведениях, расположенных по стандартной системе 10–20. Использовался многоканальный компьютерный электроэнцефалограф ЭЭГА-21/26 «Энцефалан» (версия «Элитная-М») с частотой опроса 100 Гц, полосой пропускания от 0,5 до 35 Гц. Применялась монополярная схема с ипсилатеральными ушными референтными электродами. Для оценки исходной электроэнцефалографической картины производилась стандартная запись: регистрировалась ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами, применялись функциональные нагрузки (открытие — закрытие глаз, гипервентиляция). Исходную ЭЭГ-картину оценивали с помощью визуального анализа (с использованием классификации Жирмунской Е. А. [1, с. 5–81]), рассматривали показатели: 1) «тип ЭЭГ» — характеризует функциональную активность мозга в целом и свидетельствует о норме либо наличии аномальных проявлений (тип IV) [1, с. 5–81; 2, с. 53–62, 95–97]; 2) «динамика ЭЭГ» — отражает устойчивость/неустойчивость паттерна ЭЭГ за короткий промежуток времени (1 минута), характеризует функциональную активность мозга с точки зрения устойчивости нервных процессов [4, с. 539–547]; 3) «индекс низкочастотной β 1-активности» — высокий индекс свидетельствует о дисфункции стволовых структур диэнцефального уровня (преимущественно неспецифических ядер таламуса) [1, с. 5–81; 2, с. 53–62, 95–97]; 4) «вспышки билатерально-синхронных волн (БСВ)» — их наличие свидетельствует об аномальных изменениях, которые также могут быть признаком дисфункции стволовых структур головного мозга [1, с. 5–81; 2, с. 53–62, 95–97].

Запись ЭЭГ при предъявлении ИМП проводилась следующим образом. Вначале в течение 10–11 минут (приблизительная длительность звучания музыкальных средств оптимизации ФС) записывали фоновую ЭЭГ. Затем велась запись во время звучания ИМП (каждый фрагмент специально по-

добранный музыки звучал 2 минуты с 1–1,5-минутной паузой между ними). После предъявления ИМП проводился опрос обследуемых для выявления субъективных предпочтений.

При обработке ЭЭГ анализировали СМ БА. Вначале из записи удалялись все артефакты, затем в каждой пробе по программам, предусмотренным в компьютерном электроэнцефалографе «Энцефалан», выделялись 10 эпох анализа длительностью 6 секунд и одна (общая), включавшая всю пробу в целом (всего 11 эпох). В качестве интегральных показателей ФС ЦНС рассматривали усредненные по всем отведениям значения СМ БА мозга в диапазонах частот: $\delta 2$ (2–4 Гц), θ (4–8 Гц), α (8–13 Гц), $\beta 1$ (13–24 Гц) и $\beta 2$ (24–35 Гц); диапазон $\delta 1$ (0,5–2 Гц) из-за большого количества артефактов из анализа исключался. Усреднение производилось в следующем порядке:

- в каждом из фрагментов фоновой и музыкальной записи в каждой из эпох анализа усреднялась СМ БА по всем отведениям, затем проводилось усреднение по всем эпохам;
- фрагменты фоновой записи каждого обследуемого сравнивались между собой (статистически значимых различий выявлено не было) и усреднялись для всей фоновой записи в целом;
- усредненные значения СМ фоновой записи сравнивались с усредненными значениями СМ каждого музыкального фрагмента.

Фоновая и музыкальная записи сравнивались также по эпохам анализа:

- во фрагментах музыкальной записи обследуемого в каждой из эпох анализа (всего 11) усреднялась СМ БА по всем отведениям, затем усредненная по всем отведениям СМ БА 11 эпох каждого фрагмента музыкальной записи сравнивалась с 11 эпохами усредненной (по всем отведениям) СМ БА его фоновой записи.

Использование усредненных ЭЭГ-показателей в качестве способа выявления общемозговых характеристик ФС ЦНС встречается у других авторов [15, с. 168–178].

Статистический анализ данных проводили с использованием критериев χ^2 и знаков G по программе Statistica 6 for Windows, уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены результаты визуального анализа. Паттерны ЭЭГ обследуемых распределились следующим образом. У восьми обследуемых (66,7 %) ЭЭГ относились к I типу (электроэнцефалографической норме), характеризующемуся сбалансированностью активирующих (десинхронизирующих) и синхронизирующих влияний из неспецифических стволовых структур на кору головного мозга [1, с. 5–81; 2, с. 53–62, 95–97]. Это проявлялось хорошо выраженной α -активностью в задних отделах коры (мощность 50–70 мкВ²/Гц, индекс ≥ 50 % – ≤ 80 %) и преобладанием высокочастотных потенциалов низкой мощности в передних (пример такого паттерна приведен на рис. 1а).

ЭЭГ-показатели обследуемых (n = 12)

| Обследуемые | Показатели ЭЭГ | | | |
|-------------|--|---|--|--|
| | Типы ЭЭГ I ЭЭГ – норма; II – синхронизированный; III – десинхронизированный; IV – с аномальными характеристиками | Динамика ЭЭГ 1 – устойчивая (норма); 2 – неустойчивая (аномальная характеристика) | Индекс β_1 1 – низкий (норма); 2 – высокий (аномальная характеристика) | Вспышки БСВ 1 – нет/мало, низкоамплитудные (норма); 2 – есть умеренно/много, высокоамплитудные (аномальная характеристика) |
| 1. И-в | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 2. Б-а | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 3. К-я | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 4. К-а | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5. Д-а | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6. О-а | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 7. Я-а | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 8. П-а | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 9. А-в | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 10. И-а | 3 | 1 | 2 | 1 |
| 11. Н-а | 3 | 1 | 2 | 1 |
| 12. М-а | 3 | 1 | 2 | 2 |

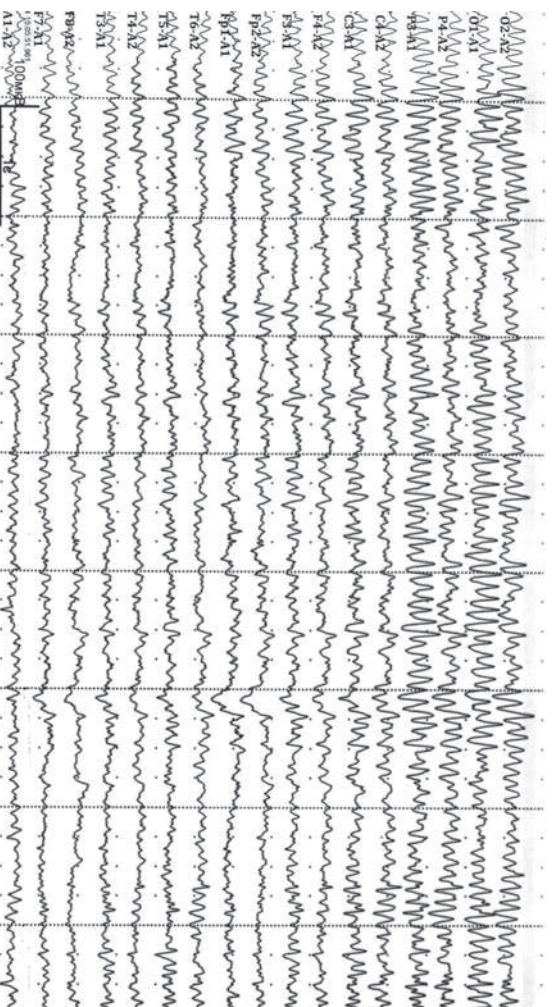


Рис. 1а. Пример электроэнцефалографических паттернов – ЭЭГ I типа (обследуемый 1)

У четырех обследуемых (33,3 %) ЭЭГ относились к III типу, десинхронизированному, характеризующемуся доминированием активирующих влияний из неспецифических стволовых структур, что проявлялось преобладанием низкоамплитудной высокочастотной активности (мощность 10–25 мкВ²/Гц, индекс $\geq 70\%$ – $\leq 90\%$). Пример ЭЭГ III типа приведен на рис. 16.

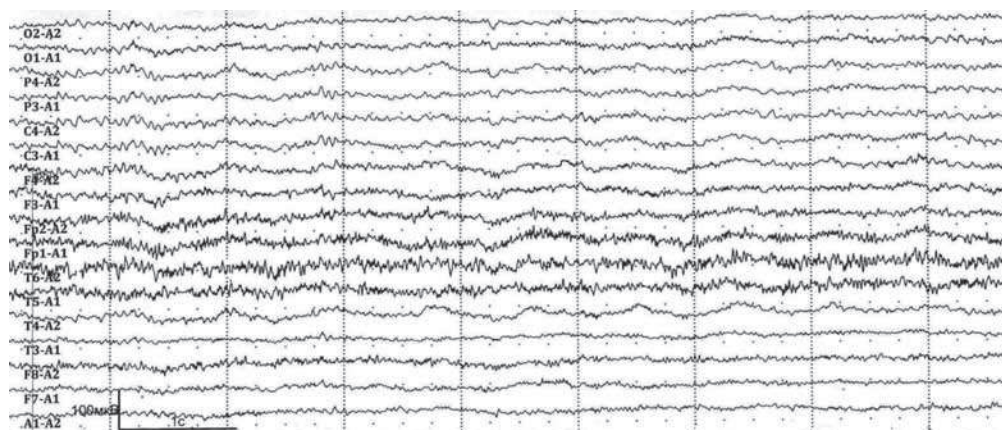


Рис. 16. Пример электроэнцефалографических паттернов — ЭЭГ III типа (обследуемый 9)

Неустойчивая динамика ЭЭГ, отражающая неустойчивость нервных процессов [4, с. 539–547], отмечалась в единичных наблюдениях (у двоих, 16,7 %). Немного чаще регистрировались ЭЭГ с высоким индексом низкочастотной $\beta 1$ -активности (33,3 %) и вспышками БСВ (25 %), что может свидетельствовать о снижении ФС ЦНС при условии выявления этих феноменов в ЭЭГ IV типа [3, с. 48–54] (в рассматриваемой группе такие паттерны отсутствовали). В целом можно констатировать, что ФС ЦНС обследуемых соответствовало норме, то есть условия, которые могли бы помешать оптимизации ФС человека (наличие патологических изменений), отсутствовали.

Показатели СМ БА, выявленные у обследуемых в фоновой записи и при применении музыкальных средств оптимизации ФС, приведены в таблицах 2 и 3. Статистически значимых различий между фрагментами фоновой записи не выявлено, что позволило получить усредненные значения для фоновой записи в целом. При сравнении значений СМ в фоне и музыкальных фрагментах выявились изменения, различавшиеся в зависимости от диапазона ритмов ЭЭГ (рис. 2).

На рисунке 2 приведены интегральные показатели изменений СМ БА относительно фона при применении музыкальных средств оптимизации ФС человека. В интегральных показателях учитывался только факт отличия от фона, но не его величина. Интегральные показатели рассчитывались для группы обследуемых в каждом музыкальном фрагменте (рис. 2а), а также для всех музыкальных фрагментов в целом (рис. 2б). Из рисунка видно, что изменения, до-

статистически отличавшиеся от фоновых значений, в каждом из трех музыкальных фрагментов выявились в $\beta 2$ -диапазоне (рис. 2а). В α -диапазоне достоверные отличия от фоновых значений выявились в одном — в 3-м фрагменте (рис. 2а), в остальных отличия от фона были больше, чем в δ -, θ -, $\beta 1$ -диапазонах, но не достигали степени статистической значимости. При расчете интегральных показателей для всех музыкальных фрагментов в целом в α -диапазоне (как и в $\beta 2$) выявились достоверные изменения мощности БП относительно фона. В δ -, θ -, $\beta 1$ -диапазонах таких отличий выявлено не было (рис. 2б).

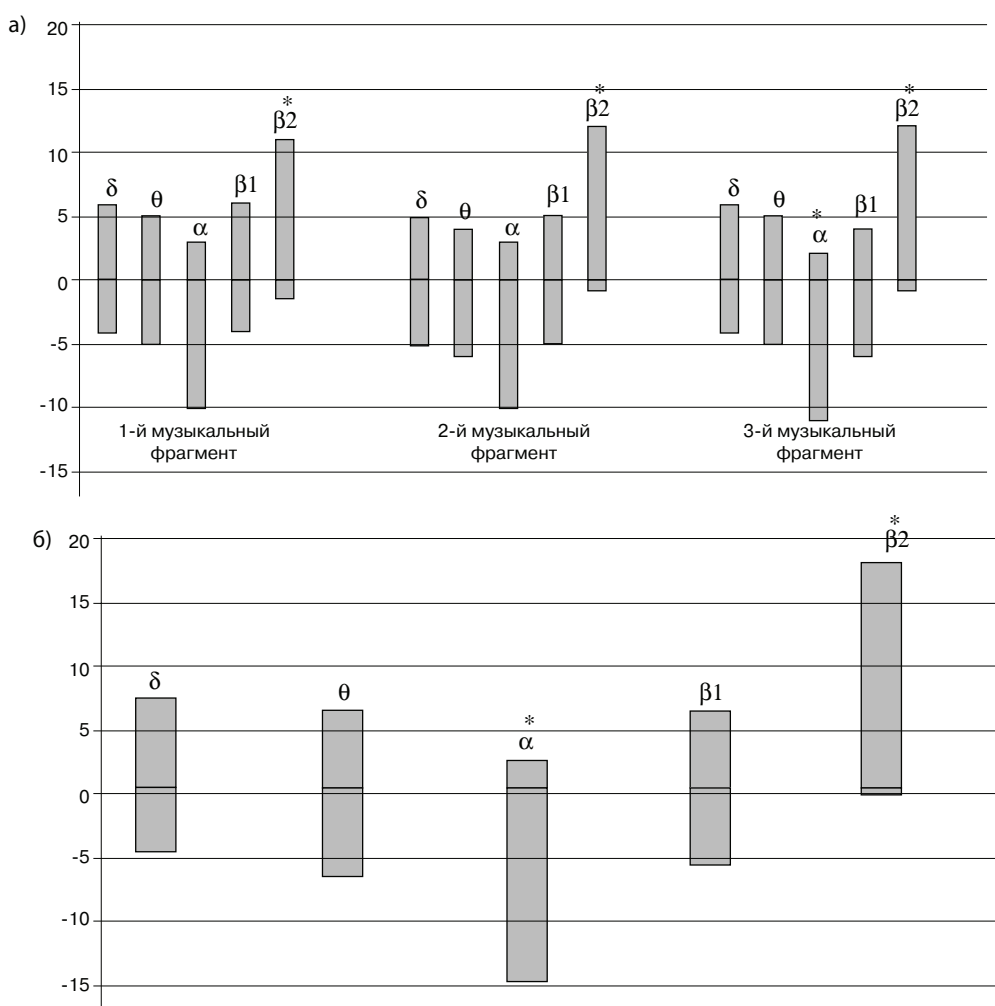


Рис. 2. Изменения спектральной мощности биопотенциалов ЭЭГ при применении музыкальных средств оптимизации ФС человека:

а — интегральный показатель (для каждого музыкального фрагмента) изменений значений мощности биопотенциалов относительно фона;
 б — интегральный показатель (для музыкальных фрагментов в целом) изменений значений мощности биопотенциалов относительно фона.

**Показатели ЭЭГ в фоновой записи – суммарная мощность биопотенциалов мкВ²/Гц,
усредненная по каждому обследуемому**

| № | Об- сле- дуе- мые | Показатели ЭЭГ (усредненная мощность мкВ ² /Гц) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------|--|------|-------|------|------|--------------------------------|------|-------|------|------|--------------------------------|------|-------|------|------|---|------|-------|------|------|
| | | 1-й фрагмент фоновой записи | | | | | 2-й фрагмент фоновой записи | | | | | 3-й фрагмент фоновой записи | | | | | Усредненная мощность био- потенциалов мкВ ² /Гц по всем фоновым фрагментам | | | | |
| | | δ | θ | α | β1 | β2 | δ | θ | α | β1 | β2 | δ | θ | α | β1 | β2 | δ | θ | α | β1 | β2 |
| 1 | И-в | 9,5 | 12,4 | 36,2 | 6,7 | 1,8 | 12,4 | 13,5 | 38,9 | 6,8 | 1,9 | 7,6 | 12,5 | 37,5 | 6,4 | 2,1 | 9,8 | 12,8 | 37,5 | 6,6 | 1,9 |
| 2 | Б-а | 31,4 | 39,7 | 108 | 31,2 | 16,4 | 30,5 | 32,7 | 103 | 28,9 | 16,7 | 34,2 | 35,6 | 105,5 | 23,4 | 15,6 | 32,0 | 36,0 | 105,5 | 27,8 | 16,2 |
| 3 | К-я | 10,2 | 10,5 | 57,5 | 13,4 | 2,9 | 8,3 | 12,8 | 69,8 | 14,8 | 3,7 | 11,8 | 10,7 | 55,4 | 11,7 | 2,7 | 10,1 | 11,3 | 60,9 | 13,3 | 3,1 |
| 4 | К-а | 15 | 14,6 | 43 | 10,2 | 2,1 | 11,2 | 17 | 57,8 | 11,3 | 2,7 | 15,1 | 16,7 | 58,8 | 9,1 | 2,2 | 13,8 | 16,1 | 53,2 | 10,2 | 2,3 |
| 5 | Д-а | 12,7 | 7,1 | 102,5 | 24,6 | 7 | 9,2 | 6,6 | 103,4 | 26,1 | 8,1 | 7,1 | 7,1 | 104,9 | 26,6 | 7,4 | 9,7 | 6,9 | 103,6 | 25,8 | 7,5 |
| 6 | О-а | 11,3 | 16,7 | 66,4 | 8,6 | 3,2 | 16,4 | 17,7 | 67,9 | 10,9 | 2,1 | 14,7 | 15,2 | 66,8 | 10,1 | 2,1 | 14,1 | 16,5 | 67,0 | 9,9 | 2,5 |
| 7 | Я-а | 17 | 11 | 55,1 | 9,7 | 2,1 | 12,4 | 10,9 | 57,4 | 15,5 | 4,1 | 15,4 | 10,9 | 61,3 | 9,9 | 2,1 | 14,9 | 10,9 | 57,9 | 11,7 | 2,8 |
| 8 | П-а | 11,8 | 9,2 | 65,1 | 12,7 | 6,2 | 12,6 | 8,8 | 72 | 15,1 | 6,7 | 13,3 | 14,5 | 64,2 | 22,9 | 6,3 | 12,6 | 10,8 | 67,1 | 16,9 | 6,4 |
| 9 | А-в | 8,5 | 13 | 10 | 8,6 | 0 | 15,5 | 5,7 | 9,5 | 9 | 6,5 | 11,8 | 3,1 | 3,9 | 9,5 | 2,1 | 11,9 | 7,3 | 7,8 | 9,0 | 2,9 |
| 10 | Н-а | 4,3 | 3,7 | 6 | 3,1 | 2,1 | 5 | 3,5 | 4,8 | 2,8 | 1,8 | 2,7 | 3,1 | 2,7 | 2,5 | 2 | 4,0 | 3,4 | 4,5 | 2,8 | 2,0 |
| 11 | И-а | 9,8 | 6 | 7,6 | 12,9 | 3,6 | 7,9 | 5,3 | 6,8 | 10,5 | 3,3 | 4,3 | 4,4 | 6,2 | 11,8 | 2,8 | 7,3 | 5,2 | 6,9 | 11,7 | 3,2 |
| 12 | М-а | 17,3 | 18,8 | 18,1 | 13,4 | 2,2 | 17,6 | 16,4 | 16,7 | 14,8 | 3,5 | 13,9 | 17,7 | 16,5 | 14,2 | 3 | 16,3 | 17,6 | 17,1 | 14,1 | 2,9 |
| Средние значения | | 13,2 | 13,6 | 48,0 | 12,9 | 4,1 | 13,3 | 12,6 | 50,7 | 13,9 | 5,1 | 7,6 | 12,5 | 37,5 | 6,4 | 2,1 | 13,0 | 12,9 | 49,1 | 13,3 | 4,5 |

Примечание: статистически значимых различий не выявлено.

Таблица 3

Показатели ЭЭГ в фоновой записи и при музыкальных пробах — суммарная мощность биопотенциалов мкВ²/Гц, усредненная по каждому обследуемому

| № | Обследуемые | Показатели ЭЭГ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|--|------|-------|------|------|---|------|--------------|------|--------------|---|------|--------------|------|--------------|---|------|--------------|------|--------------|
| | | Фон (усредненная мощность биопотенциалов мкВ ² /Гц по всем фоновым фрагментам) | | | | | 1-й музыкальный фрагмент (усредненная мощность мкВ ² /Гц) | | | | | 2-й музыкальный фрагмент (усредненная мощность мкВ ² /Гц) | | | | | 3-й музыкальный фрагмент (усредненная мощность мкВ ² /Гц) | | | | |
| | | δ | θ | α | β1 | β2 | δ | θ | α | β1 | β2 | δ | θ | α | β1 | β2 | δ | θ | α | β1 | β2 |
| 1 | И-в | 9,8 | 12,8 | 37,5 | 6,6 | 1,9 | 12,1 | 9,9 | 30,2 | 5,5 | 3,2 | 14 | 10,7 | 19,6* | 5,9 | 5,2* | 12,1 | 10,9 | 29,8 | 6,5 | 3,8 |
| 2 | Б-а | 32,0 | 36,0 | 105,5 | 27,8 | 16,2 | 29 | 38,2 | 90,7 | 21,6 | 18,6 | 24,5 | 38,3 | 81,4 | 32,7 | 21,8 | 29,8 | 29,9 | 71,5* | 35,8 | 23,4* |
| 3 | К-я | 10,1 | 11,3 | 60,9 | 13,3 | 3,1 | 13,9 | 19,5 | 46,9 | 21,5 | 8,9 | 15,3 | 12,5 | 45,8 | 12,2 | 5,6 | 18,9 | 14,8 | 30,8* | 10,5 | 11,6* |
| 4 | К-а | 13,8 | 16,1 | 53,2 | 10,2 | 2,3 | 8 | 17,4 | 39,6 | 9,5 | 4,2 | 12,1 | 15,5 | 32,4* | 8,5 | 7,6* | 15,2 | 14,7 | 37,0 | 12,3 | 7 |
| 5 | Д-а | 9,7 | 6,9 | 103,6 | 25,8 | 7,5 | 14,7 | 9,9 | 95,6 | 12,5 | 10,4 | 14 | 9,7 | 65,2* | 15,9 | 18,6* | 12,1 | 10,9 | 78,8 | 16,5 | 9,8 |
| 6 | О-а | 14,1 | 16,5 | 67,0 | 9,9 | 2,5 | 12 | 11,1 | 44,8 | 14 | 6,1 | 11,3 | 12,5 | 47,4 | 16,5 | 5,5 | 12,4 | 10,9 | 36,4* | 7,6 | 8,4* |
| 7 | Я-а | 14,9 | 10,9 | 57,9 | 11,7 | 2,8 | 12,1 | 8,4 | 38,1* | 16,8 | 8,2* | 10,8 | 8,8 | 49,1 | 13,2 | 6,8 | 10,2 | 16,6 | 49,1 | 13,6 | 6,7 |
| 8 | П-а | 12,6 | 10,8 | 67,1 | 16,9 | 6,4 | 18,7 | 10,5 | 41,8* | 15,7 | 15,7* | 16,9 | 9,1 | 58,4 | 9,9 | 7,2 | 15,5 | 13,7 | 50,2 | 14,1 | 8,6 |
| 9 | А-в | 11,9 | 7,3 | 7,8 | 9,0 | 2,9 | 7,3 | 4,9 | 8,3 | 12,2 | 8,6* | 5,7 | 4,9 | 7 | 8,5 | 4,2 | 4,1 | 4,4 | 4,7 | 7 | 4,3 |
| 10 | Н-а | 4,0 | 3,4 | 4,5 | 2,8 | 2,0 | 7,6 | 6,6 | 7,8 | 8,8 | 5,8 | 7,6 | 6,6 | 7,1 | 8,8 | 5,8 | 7,4 | 6,2 | 6,2 | 7,4 | 5,3 |
| 11 | И-а | 7,3 | 5,2 | 6,9 | 11,7 | 3,2 | 14,3 | 7,4 | 16 | 17 | 2,1 | 14,5 | 18,7 | 14,1 | 17,1 | 7,1 | 12,5 | 15 | 19,4 | 13,2 | 9,5 |
| 12 | М-а | 16,3 | 17,6 | 17,1 | 14,1 | 2,9 | 21,9 | 15,4 | 16,7 | 14,8 | 6,2 | 13,2 | 14,5 | 22,5 | 15,4 | 11,8 | 13,9 | 15,2 | 16,5 | 11,2 | 5,3 |
| Средние значения | | 13,0 | 12,9 | 49,1 | 13,3 | 4,5 | 14,3 | 13,3 | 39,7 | 14,2 | 8,1 | 13,3 | 13,5 | 37,5 | 13,7 | 8,9 | 13,7 | 13,6 | 35,0 | 12,9 | 8,6 |

Примечание: *, полужирный шрифт — установленные для каждого обследуемого достоверные различия с усредненной мощностью биопотенциалов фоновой записи (критерий $\chi^2 p < 0,05$).

Можно констатировать, что при использовании ИМП для оптимизации ФС человека статистически достоверные изменения СМ БА выявились в α - и β 2-диапазонах (мощность α -диапазона уменьшилась, β 2-диапазона — увеличилась), в генерации которых участвуют разные структуры: в генерации α — корковые и таламические водители ритмов [1, с. 5–81; 2, с. 53–62, 95–97], β 2 формируется в коре головного мозга при участии восходящих активирующих влияний из РФ ствола [1, с. 5–81; 2, с. 53–62, 95–97].

В литературе описаны изменения мощности β 2-диапазона в коре головного мозга при положительном восприятии мелодий [9, с. 11–17]. Авторы объясняют это большей активизацией внимания (что осуществляется при участии РФ ствола [8, с. 94–298]) при прослушивании понравившейся музыки. Следует отметить, что при формировании используемых в нашем исследовании ИМП учет субъективных предпочтений является одним из обязательных условий [7, с. 1–30], поэтому выявленные изменения мощности β 2-диапазона можно объяснить следствием привлечения внимания обследуемых к субъективно приятным музыкальным композициям.

Увеличение мощности β 2-активности, в соответствии с представлениями Г. Фуртшеллера и соавт. [16, с. 1842–1851], предложивших анализировать изменения ритмов ЭЭГ в ответ на внешние стимулы на основе оценки синхронизации/десинхронизации паттерна или увеличения/снижения мощности ЭЭГ, рассматривается как синхронизация, то есть вовлечение большего (чем при десинхронизации) количества нейронов в совместную деятельность. Синхронизация в соответствии с утвердившимися в литературе представлениями свидетельствует о снижении активирующих влияний из подкорковых структур на кору головного мозга [1, с. 5–81; 2, с. 53–62, 95–97], то есть увеличение мощности β 2-активности отражало снижение активирующих влияний из РФ ствола на кору головного мозга.

Снижение мощности α -диапазона означало десинхронизацию ритма [16, с. 1842–1851] (расогласование синхронной деятельности нейронных ансамблей). Десинхронизация в соответствии с утвердившимися в литературе представлениями свидетельствует об усилении активирующих влияний из подкорковых структур на кору головного мозга [1, с. 5–81; 2, с. 53–62, 95–97]. Можно предположить, что противоположные по направленности изменения мощности двух диапазонов (β 2 и α) отражали два противоположных по направленности процесса: снижение активации в системе генерации β 2-активности (проявлялось повышением мощности β 2) и усиление активации в системе генерации α -активности (проявлялось снижением мощности α).

Структуры РФ ствола, участвующие в генерации β 2-активности, осуществляют влияния на кору головного мозга генерализованно, участвуя в механизмах генерализованной активации, которая в большей степени определяет ФС организма [15, с. 168–178]. Таламические структуры, участвующие в генерации α -активности, осуществляют влияния на кору головного мозга

локально, участвуя в механизмах локальной активации, которая в большей степени связана с содержанием деятельности [15, с. 168–178]. Можно предположить, что снижение активации в системе генерации β 2-ритма (повышение мощности β 2) в большей степени отражало изменения ФС организма. Повышение активации в системе генерации α -ритма (снижение мощности α) в большей степени отражало изменения содержательной составляющей деятельности [15, с. 168–178].

Возможно, что этот механизм — повышение активации в таламической системе генерации α -ритма, осуществляющей локальную активацию коры, что в большей степени отражает изменения содержательной составляющей деятельности, — может в определенной мере участвовать в процессах различной активации корковых зон у людей с разными темпераментальными свойствами и эмоциональным типом, осуществляющих деятельность в зависимости от этих свойств по-разному. Например, показано, что использование музыкальных средств оптимизации ФС экстравертивными людьми сопровождается активацией (в α -диапазоне) зон, отвечающих за регуляцию настроения и формирование памяти, использование таких же средств интровертированными людьми сопровождается активацией зон, отвечающих за когнитивное восприятие и запоминание звуковых сигналов [7, с. 1–30].

Оптимизация ФС человека при воздействии ИМП, как можно представить, происходила путем снижения активации в коре головного мозга, происходящей при участии структур РФ ствола (проявлялось изменениями β 2-активности), и повышения активации, осуществляющейся с участием таламических образований (проявлялось изменениями α -активности). Можно предположить существование механизма оптимизации ФС: снижение активации в системе формирования β 2-активности (повышение мощности β 2-ритма) — повышение активации в системе формирования α -активности (снижение мощности α -ритма). Возможно, эти сдвиги активации отражали формирование состояния продуктивной напряженности, которая является основой состояния ФК [12, с. 125–133; 13, с. 8–19; 14, с. 105–111].

Одной из задач исследования было выявление наиболее подходящего для человека музыкального средства оптимизации ФС, поэтому мы проанализировали, как предполагаемый механизм — снижение активации в системе формирования β 2-активности (повышение мощности β 2-ритма) и повышение активации в системе формирования α -активности (снижение мощности α -ритма) — представлен в музыкальных фрагментах, выбранных на основании психологического тестирования для каждого обследуемого. Результаты анализа показаны в таблице 3. Оказалось, что установленные таким способом достоверные изменения (относительно фона) мощности α - и β 2-диапазонов у девяти из 12 обследуемых выявлялись в одной из проб (что по критерию знаков G достоверно на уровне тенденции). Опрос обследуемых показал, что субъективные предпочтения музыкальных средств

оптимизации ФС совпали с выявленными при помощи ЭЭГ у четырех обследуемых из 12, то есть с помощью ЭЭГ выбор музыкальных композиций может быть произведен с большей, чем при субъективном выборе, точностью. Таким образом, на уровне тенденции выявилась возможность определения наиболее подходящего для данного человека музыкального средства оптимизации ФС с помощью ЭЭГ.

Выводы

1. Возможным механизмом оптимизации ФС человека и формирования состояния продуктивной напряженности при использовании музыкальных средств в виде ИМП может быть снижение активации в коре головного мозга, осуществляющейся при участии структур РФ ствола (проявляется повышением мощности β -активности), и повышение активации, осуществляющейся с участием таламических образований (проявляется снижением мощности α -активности).

2. С помощью ЭЭГ-анализа, основанного на возможном механизме оптимизации ФС человека и формирования состояния продуктивной напряженности в виде снижения мощности α - и повышения мощности β -активности, возможен выбор наиболее подходящего для конкретного человека музыкального средства оптимизации ФС.

3. С помощью биометрических методик мобильного программно-аппаратного комплекса «Кабинет эмоционального здоровья» (МПАК «Кабинет ЭЗ»: «Экспресс-портрет», «ВибраМед») и программы экспресс-оценки музыкального психотипа «Бос-нейрокомфорт» можно достаточно точно определить индивидуальное музыкальное средство оптимизации ФС человека.

Within the framework of the concept of functional comfort, which determines the optimal functional state of an active (working) person and his/her psychophysiological activity price, a study was conducted on the effects of the Individual musical programs selected on the basis of the *Emotional Health Room Mobile Software-Hardware Complex* using the Express-portrait, VibraMed, Zondi PSI-expert biometric techniques and Bos-Neurocomfort hardware-software methodology with electroencephalography. It is proved that a possible mechanism for optimizing a person's FS and forming a state of productive tension when using musical means in the form of can be a decrease in activation in the cerebral cortex, carried out with the participation of the stem formation structures and an increase in activation involving the thalamic formations.

Keywords: optimal functional state, productive tensions, functional comfort, price of activities, individual musical programs.

Список литературы

1. *Жирмунская Е. А.* Система описания и классификации электроэнцефалограмм человека / Е. А. Жирмунская, Е. С. Лосев. — М. : Наука, 1984. — 81 с. — С. 5–81.
2. *Зенков Л. Р.* Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) : руководство для врачей / Л. Р. Зенков. — 7-е изд. — М. : МЕДпресс-информ, 2016. — 360 с.
3. *Исаева Н. А.* Биоэлектрическая активность головного мозга у работников Билибинской атомной электростанции, имеющих риск развития ишемического инсульта / Н. А. Исаева, Ф. С. Торубаров, З. Ф. Зверева, С. Н. Лукьянова // Медицинская радиология и радиационная безопасность. — 2013. — № 4. — С. 48–54.

4. Лукьянова С. Н. Биоэлектрическая активность коры и некоторых подкорковых образований при экспериментальном неврозе / С. Н. Лукьянова // ЖВНД. — 1976. — Вып. 3. — Т. XXVI. — С. 539–547.
5. Мирошник Е. В. Мобильный кабинет эмоционального здоровья / Е. В. Мирошник. — М. : Ресурс, 2009. — 82 с.
6. Мэгун Г. Бодрствующий мозг / Г. Мэгун. — М. : Мир, 1965. — 210 с.
7. Назарова К. А. Система музыкальных средств оптимизации функционального состояния человека (психофизиологический аспект) : автореф. дис. ... канд. психол. наук / К. А. Назарова. — М., 2013. — 30 с.
8. Нейрофизиологические механизмы внимания / под ред. Е. Д. Хомской. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1979. — 301 с.
9. Окнина Л. Б. Сравнительный анализ изменений коротких отрезков ЭЭГ при восприятии музыки на основе вызванной синхронизации-десинхронизации и вейвлет-синхронности / Л. Б. Окнина, С. В. Купцова, А. С. Романов, Е. Л. Машеров, О. А. Кузнецова, Е. В. Шарова // Физиология человека. — 2012. — Т. 38, № 4. — С. 11–17.
10. Павлыгина Р. А. Влияние музыки на решение логических задач / Р. А. Павлыгина, Н. Н. Карамышева, Д. С. Сахаров, В. И. Давыдов // Физиология человека. — 2012. — Т. 38, № 4. — С. 18–25.
11. Сборник психологических тестов. Часть I : пособие / сост. Е. Е. Миронова. — Минск : Женский институт ЭНВИЛА, 2005. — 155 с.
12. Чайнова Л. Д. Концепция функционального комфорта работающего человека — теоретическая основа современного эргодизайна / Л. Д. Чайнова // Вестник РГГУ. Серия: Психология. Педагогика. Образование. — 2015. — № 1. — С. 125–133.
13. Чайнова Л. Д. Напряженность как ведущее функциональное состояние работающего человека / Л. Д. Чайнова // В кн. : Проблемы системного исследования состояния напряженности человека. Труды ВНИИТЭ. — Вып. 32, Эргономика. — М., 1986. — С. 8–19.
14. Чайнова Л. Д. Психологическая разработка музыкальных средств для оптимизации функционального состояния человека / Л. Д. Чайнова, Е. В. Мирошник, К. А. Назарова // Психологический журнал. — 2016. — Т. 37, № 2. — С. 105–111.
15. Яценко М. В. Особенности влияния исходного функционального состояния мозга на умственную работоспособность студентов в контексте их индивидуально-типологических особенностей / М. В. Яценко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. — 2018. — Т. 4 (70), № 1. — С. 168–178.
16. Pfurtscheller G., Lopes da Silva F. H. Event related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles // Clin. Neurophysiol. — 1999. — Vol. 110. — P. 1842–1851.