

**Н.А. Исаева, Ф.С. Торубаров, З.Ф. Зверева, С.Н. Лукьянова,
Е.А. Денисова**

**БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МОЗГА У РАБОТНИКОВ
НОВОВОРОНЕЖСКОЙ И БЕЛОЯРСКОЙ АЭС ПРИ РАЗНЫХ
УРОВНЯХ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ
ИХ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

N.A. Isaeva, F.S. Torubarov, Z.F. Zvereva, S.N. Lukyanova, E.A. Denisova

**Bioelectric Activity of the Brain of Employees of the Novovoronezh and
Beloyarsk NPPs at Different Levels of Psychophysiological Adaptation
to the Conditions of Their Work**

РЕФЕРАТ

Цель: Анализ ЭЭГ-показателей при разных уровнях психофизиологической адаптации (ПФА) как ее интегральной характеристики, так составляющих её состояний: психического (ПС), психофизиологического (ПФС) и физиологического (ФС).

Материал и методы: Обследованы 88 работников АЭС России (43,1±9,4 лет, 75 мужчин). Психофизиологическое обследование проводилось с помощью аппаратно-программного комплекса «АПК ПФС-Контроль». Использовались методики: «Методика многостороннего исследования личности», «16-факторный личностный опросник», «Прогрессивные матрицы Равена», «Уровень субъективного контроля», «Простая зрительно-моторная реакция», «Сложная зрительно-моторная реакция», «Реакция на движущийся предмет», «Вариабельность сердечного ритма». Параллельно проводили визуальный анализ ЭЭГ по методу Е.А. Жирмунской. Оценивали наличие аномальных признаков: ЭЭГ IV-го типа, неустойчивость паттерна в течение фоновой записи, высокий индекс низкочастотной β -активности, всплески билатерально-синхронных волн. Сравнительную статистическую оценку различных групп проводили, используя параметрические и непараметрические критерии по программе BIOSTAT.

Результаты: При низком уровне ПФА выявлены 4 вышеуказанных аномальных признака. Низкому уровню психического состояния (по сравнению с высоким) соответствовали: ЭЭГ IV-го типа и неустойчивость динамики. Низкий уровень ПФС (по сравнению с высоким) коррелировал с показателями ЭЭГ: IV-й тип, неустойчивость динамики, всплески билатерально-синхронных волн. При низком уровне ФС регистрировались: ЭЭГ IV-го типа, неустойчивость динамики, высокий индекс низкочастотной β 1-активности, всплески билатерально-синхронных волн.

Выводы: 1) ПФА, определяемая по психофизиологическим тестам, находит отражение в показателях биоэлектрической активности головного мозга. 2) При низком уровне ПФА характер аномальных ЭЭГ признаков позволяет предполагать наличие функциональных отклонений на разных уровнях ЦНС. 3) Наибольшие нейрофизиологические нарушения выявлены у лиц с низким уровнем физиологического состояния.

Ключевые слова: работники АЭС, ЭЭГ, психофизиологическая адаптация

ABSTRACT

Purpose: The analysis of EEG-indicators at different levels of psychophysiological adaptation (PFA) as its integrated characteristic, as its states: mental (PS), psychophysiological (PFS) and physiological (FS).

Material and methods: 88 employees of nuclear power plants of Russia are examined (43.1±9.4 years, 75 men). Psychophysiological examination was conducted by means of hardware and software complex "Agrarian and Industrial PFS-Control". Techniques were used: "Technique of multilateral research of the personality", "16-factorial personal questionnaire", "The Raven's Progressive Matrices", "Level of subjective control", "Simple visual and motor reaction", "Difficult visual and motor reaction", "Reaction to a moving subject", "Variability of a warm rhythm". Carried in parallel out the visual analysis of EEG by the method E.A. Zhirmunskaya. Existence of abnormal signs were estimated: EEG of the IV type, instability of a pattern during background record, a high index of low-frequency β -activity, flashes of bilateral and synchronous waves. The comparative statistical assessment of various groups was carried out, using parametrical and nonparametric criteria according to the BIOSTAT program.

Results: At the PFA low level 4 above-stated abnormal signs are revealed in comparison with high corresponded to the low level of mental state: EEG of the IV type and instability of dynamics. The PFS low level (in comparison with high) correlated with EEG indicators: IV type, instability of dynamics, flashes of bilateral and synchronous waves. At the FS low level were registered: EEG of the IV type, instability of dynamics, a high index β 1-activity, flashes of bilateral and synchronous waves.

Conclusions: 1) PFA determined by psychophysiological tests is reflected in indicators of bioelectric activity of the brain. 2) At the PFA low level character of abnormal EEG signs allows to assume existence of functional deviations at the CNS different levels. 3) The greatest neurophysiological violations are revealed in persons with the low level of physiological state.

Key words: employees of the NPP, EEG, psychophysiological adaptation

Введение

Современные условия жизни и профессиональной деятельности работников атомных станций выдвигают серьезные требования не только к состоянию здоровья, но и к психическим и функциональным возможностям человека. Деятельность работников атомной отрасли связана с обработкой большого количества информации, нервно-эмоциональным напряжением, возможностью возникновения аварийных и стрессовых ситуаций. При этом основная нагрузка приходится на ЦНС, состоянием которой является определяющим фактором работоспособности.

Анализ литературы показывает, что нарушение биоэлектрической активности головного мозга достаточно четко коррелирует с низким уровнем психофизиологической адаптации [1–7]. Настоящее исследование уточняет и дополняет эти данные. Представлены результаты анализа электроэнцефалограмм (ЭЭГ) у работников Нововоронежской и Белоярской АЭС не только при низком, но и при среднем и высоком уровнях психофизиологической адаптации.

Интегральная оценка уровня ПФА включает показатели психического, психофизиологического и физиологического состояний, каждое из которых имеет большое значение в формировании функционального состояния организма и может находить отражение в ЭЭГ [8–11]. Соответствующие результаты приведены в настоящей работе. Они могут быть полезны как при выявлении «слабого звена» в механизме нарушения адаптации, так и для оценки эффективности мероприятий, направленных на её улучшение.

Материал и методы

Проведены обследования 88 работников Нововоронежской и Белоярской АЭС (средний возраст — $43,1 \pm 9,4$ лет, 75 мужчин). Психофизиологическое обследование выполнено на унифицированном аппаратно-программном комплексе «АПК ПФС-Контроль» [12, 13]. Он разработан специально для скринингового обследования персонала радиационно-опасных предприятий и производств и позволяет получать результаты обследования в реальном масштабе времени. Оценка психофизиологической адаптации осуществлялась в соответствии с методическими рекомендациями «Организация и проведение психофизиологических обследований работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии, при прохождении работниками медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России» [14]. Использовались утвержденные методы и методики, позволяющие оценить психические (1), психофизиологические (2) и физиологические показатели функционального состояния человека (3).

1. ПС оценивалось с помощью тестов: «Прогрессивные матрицы Равена» (оценивает уровень интеллекта); «Методика многостороннего исследования личности», ММИЛ (различные аспекты личности и актуальное психическое состояние); «16-факторный личностный опросник», 16-ФЛО (особенности личности к воздействию экстремальных факторов); «Уровень субъективного контроля», УСК (тип поведения). Принятие решения об уровне психического состояния по данным каждого из тестов принимается с использованием таблицы нормативов на показатели теста. Решение о высоком уровне психической составляющей принималось при попадании значений показателей в диапазон ($M \pm SD$), среднем — при попадании в диапазон между ($M \pm SD$) и ($M \pm 2SD$), низком — при превышении значений недопустимых величин прогностически значимых показателей.

2. ПФС — для оценки функционального состояния ЦНС и психофизиологического состояния работника в целом оценивалось с помощью тестов: простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР), сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР), реакция на движущийся предмет (РДО). Решение о высоком уровне психофизиологического состояния принимается при значениях скоростных и точностных характеристик сенсомоторных реакций, выходящих в лучшую сторону из нормативного диапазона, среднем — при попадании в нормативный диапазон, низком — при превышении значений недопустимых величин прогностически значимых показателей.

3. ФС оценивалось с помощью анализа variability сердечного ритма (ВСР), антропометрических (возраст, рост, вес) и гемодинамических показателей (уровень АД, ЧСС). При анализе ВСР использовали индекс напряжения регуляторных систем организма по Баевскому [15].

Оценка ПФС и ФС проводилась путём вычисления вероятности (с использованием линейных дискриминантных функций) «сходства» с эталонными группами (классами типологических состояний). Высокий уровень ПФС либо ФС определялся при значениях показателей, выходящих в лучшую сторону из нормативного диапазона, средний — при попадании в нормативный диапазон, низкий — при превышении значений недопустимых величин прогностически значимых показателей.

При расчёте интегрального показателя ПФА осуществлялась предварительная оценка по правилам булевой алгебры по результатам оценки уровня ПС (УПС), ПФС (УПФС) и физиологического (УФС). Затем производилась окончательная оценка путём вычисления (с использованием линейных дискриминантных функций) вероятности идентификации у обследованного высокого, среднего или низкого уровня ПФА. Решение принималось по максимальной из полученных вероятностей.

Таблица 1

Уровни психофизиологической адаптации (ПФА), психического, психофизиологического и физиологического состояний (ПС, ПФС, ФС) у обследованных

Уровни	Обследованные работники (n = 88)							
	ПФА		ПС		ПФС		ФС	
	Кол-во обследованных	%	Кол-во обследованных	%	Кол-во обследованных	%	Кол-во обследованных	%
Высокий	7	7,9	9	10,2	9	10,2	39	44,3
Средний	30	34,1	73	83	54	61,4	18	20,5
Низкий	51	58	6	6,8	25	28,4	31	35,2

Уровень психофизиологической адаптации оценивался как высокий при:

УПС = высокий и УПФС = высокий и УФС = высокий
 УПС = высокий и УПФС = средний и УФС = высокий
 УПС = средний и УПФС = высокий и УФС = высокий

Уровень психофизиологической адаптации оценивался как средний при:

УПС = высокий и УПФС = средний и УФС = средний
 УПС = средний и УПФС = высокий и УФС = средний
 УПС = средний и УПФС = средний и УФС = высокий

Во всех других случаях уровень психофизиологической адаптации оценивался как низкий.

ЭЭГ-исследования проводили на анализаторе ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» («МЕДИКОМ МТД», Таганрог). Отведение биопотенциалов осуществляли традиционным способом по системе 10–20. При обработке данных ЭЭГ применяли визуальный анализ (с использованием классификации Е.А. Жирмунской [16]), дополненный для исключения фактора субъективности математическими методами – спектральным анализом с топоселективным картированием, позволяющим пространственно и количественно охарактеризовать текущее функциональное состояние коры головного мозга, а также программой выявления источников локализации активности (brain loc).

Основное внимание было обращено на следующие показатели.

1. «Тип ЭЭГ» – характеризует функциональную активность мозга в целом и свидетельствует о его нормальной работе (тип I) незначительном отклонении от нормы (типы II–III), либо наличии признаков аномальных проявлений (тип IV) [16–19].

2. «Динамика ЭЭГ» отражает устойчивость/неустойчивость паттерна ЭЭГ за короткий промежуток времени (1 мин) и характеризует функциональную активность мозга с точки зрения устойчивости нервных процессов [20].

3. «Характеристика низкочастотной β -активности». Высокий индекс данной активности может свидетельствовать о дисфункции стволовых структур диэнцефального уровня (преимущественно неспецифических ядер таламуса) [15–19, 21, 22].

4. «Вспышки билатерально-синхронной активности» – отражает наличие аномальных изменений, которые также могут быть признаком дисфункции стволовых структур головного мозга [19, 23].

Статистическую оценку производили по программе BIOSTAT, используя параметрические и непараметрические критерии.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных при психофизиологическом обследовании показал, что среди работников АЭС у более чем половины отмечался низкий интегральный уровень ПФА (58 %), средний выявлен в 34,1 %, а высокий уровень определен только у 7,9 % (табл. 1). Следует отметить, что низкое ПС выявлено только у 6,8 % обследованных; большинство обследованных характеризовалась средним уровнем (83 %), высокий отмечался у 10,2 %. ПФС у 61,4 % обследованных было среднего уровня, около трети имели низкий уровень – 28,4 % и 10,2 % имели высокий уровень. ФС у обследованных в 44,3 % было высоким, у трети (35,2 %) – низким, у пятой части (20,5 %) – средним.

Таким образом, у обследованных преобладал низкий уровень ПФА, основной вклад в который вносили низкий уровень физиологического состояния, т.е. состояние вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и низкий уровень психофизиологического

Таблица 2

ЭЭГ-показатели обследованных

ЭЭГ – показатели	Обследованные, n = 88	
	Кол-во	%
Типы ЭЭГ		
I	37	42,0
II	1	1,1
III	11	12,5
IV	39	44,4
Динамика ЭЭГ		
устойчивая	36	40,9
неустойчивая	52	59,1
Индекс низкочастотной β 1-активности		
нет / низкий индекс β 1 ≤ 15 %	57	64,7
высокий индекс β 1 > 15 %	31	35,3
Вспышки билатерально-синхронных волн		
нет	48	54,5
есть	40	45,6

Таблица 3

Показатели ЭЭГ у обследованных с разным уровнем ПФА

Уровень ПФА	Кол-во обследованных лиц (n = 88)	Показатели ЭЭГ, %									
		Типы ЭЭГ				Динамика ЭЭГ		Индекс низкочастотной β 1-активности		Вспышки билатерально-синхронных волн	
		I	II	III	IV	Устойчивая	Неустойчивая	Нет/ низкий индекс β 1 $\leq 15\%$	Высокий индекс β 1 $> 15\%$	Нет	Есть
высокий	7	100	0	0	0	85,7	14,3	100	0	100	0
Средний	30	56,7	3,3	26,6	13,4	66,7	33,3	76,7	23,3	80	20
Низкий	51	25,5	0	5,9	64,7*#	19,6	80,4*	52,9	47,1*	33,3	66,7*

Примечание: * – достоверные различия по критерию χ^2 ($p < 0,05$) относительно высокого уровня; # – достоверные различия по критерию χ^2 ($p < 0,05$) относительно среднего уровня

состояния (напряжение регуляторных механизмов ЦНС проявляющихся в выраженном преобладании активирующих или тормозных процессов).

По ЭЭГ-показателям (табл. 2) обследованные характеризовались следующим образом. Среди типов ЭЭГ наиболее часто (и приблизительно в равных про-

порциях) отмечались I-й и IV-й типы (42 % и 44,4 %), остальные – в единичных наблюдениях. В качестве примера на рис. 1 приведены наиболее часто встречающиеся ЭЭГ I-го и IV-го типов.

Динамика ЭЭГ чаще была неустойчивой (59,1 %), реже – устойчивой (40,9 %). Индекс низкочастотной

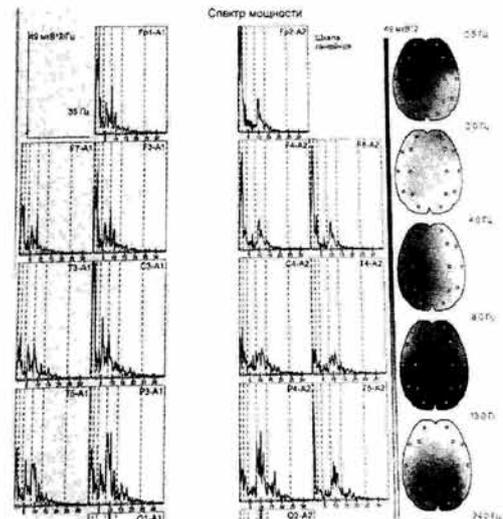
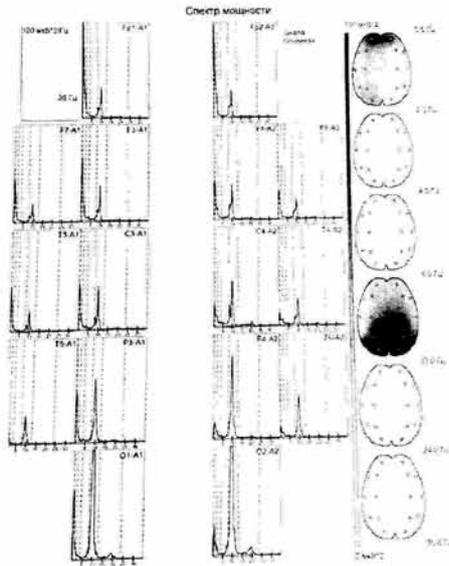
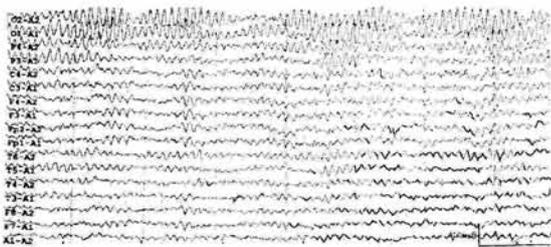


Рис. 1. Примеры паттернов ЭЭГ. Слева – ЭЭГ I-го типа: регистрируется модулированная α -активность, высокого индекса, с хорошо выраженным пространственным градиентом (преобладает в задних отделах коры – теменно-затылочных отведениях), в передних отделах (лобные и височные отведения) доминирует высокочастотная β -активность, и в небольшом количестве представлены медленные волны δ -диапазона; на картограмме четко виден пространственный градиент α -активности и небольшое количество волн δ -диапазона в передних отделах коры. Справа – ЭЭГ IV-го типа: регистрируется дизритмичная кривая, α -активность представлена со сглаженным градиентом (на картограмме видно преобладание α -активности в левой гемисфере), медленноволновая активность δ -диапазона высокого индекса представлена почти по всем отделам (хорошо видно на картограмме), усилена низкочастотная β -активность (хорошо видно на картограмме)



Рис. 2. Локализация дипольных источников билатерально-синхронных волн: А – в верхних и нижних отделах ствола; Б – в верхних, средних и нижних отделах ствола

$\beta 1$ -активности чаще был низким (64,7 %), реже – высоким (35,3 %). Отсутствие пароксизмальных проявлений (вспышек билатерально-синхронных волн) отмечалось немного чаще (54,5 %), их наличие – реже (45,6 %). Вспышки билатерально-синхронных волн оценивались с применением программы «brain loc», выявившей дипольные источники пароксизмальных проявлений преимущественно в средних и верхних отделах ствола (рис. 2). В целом по группе можно отметить, что ЭЭГ-показатели, свидетельствующие о нормальной функциональной активности ЦНС, и аномальные проявления биоэлектрической активности (БА) головного мозга были представлены, приблизительно, в сопоставимых количествах.

Для оценки показателей БА головного мозга в зависимости от уровня ПФА обследованные разделены на 3 группы: первая – с высоким уровнем ПФА, вторая – со средним, и третья – с низким (табл. 3). При высоком уровне ПФА доминировали ЭЭГ I-го типа (100 %), с устойчивой динамикой (85,7 %), низким индексом низкочастотной $\beta 1$ -активности (100 %),

с отсутствием вспышек билатерально-синхронных волн (100 %). ЭЭГ IV-го типа не выявлялись.

При среднем уровне ПФА появились признаки аномальных изменений в биоэлектрической активности головного мозга (ЭЭГ IV-го типа – 13,4 %, неустойчивость динамики – 33,3 %, высокий индекс низкочастотной $\beta 1$ -активности – 23,3 %, вспышки билатерально-синхронных волн – 20 %).

Низкий уровень ПФА характеризовался доминированием всех четырех аномальных признаков БА: ЭЭГ IV-го типа – 64,7 %, $p < 0,05$; неустойчивость динамики – 80,4 %, $p < 0,05$; высокий индекс $\beta 1$ -активности – 47,1 %, $p < 0,05$; вспышки билатерально-синхронных волн – 66,7 %, $p < 0,05$.

На следующем этапе работы проведен анализ показателей ЭЭГ у обследованных с различным уровнем психического, психофизиологического и физиологического состояний (табл. 4–6).

Показано (табл. 4), что при высоком уровне ПС в ЭЭГ обследованных преобладали: I-й тип (55,6 %), устойчивая динамика (88,9 %), низкий индекс низ-

Таблица 4

Показатели ЭЭГ у обследованных с разным уровнем психического состояния (ПС)

Уровень ПС	Кол-во обследованных лиц (n = 88)	Показатели ЭЭГ, %									
		Типы ЭЭГ				Динамика ЭЭГ		Индекс низкочастотной $\beta 1$ -активности		Вспышки билатерально-синхронных волн	
		I	II	III	IV	Устойчивая	Неустойчивая	Нет/ низкий индекс $\beta 1 \leq 15 \%$	Высокий индекс $\beta 1 > 15 \%$	Нет	Есть
Высокий	9	55,6	0	33,3	11,1	88,9	11,1	77,8	22,2	77,8	22,2
Средний	73	43,8	1,4	9,6	45,2	38,4	61,6	63,1	36,9	52,1	47,9
Низкий	6	0	0	16,7	83,3*	0	100*	66,7	33,3	50	50

Примечание: * – достоверные различия по критерию χ^2 ($p < 0,05$) относительно высокого уровня

Таблица 5

Показатели ЭЭГ у обследованных с разным уровнем психофизиологического состояния (ПФС)

Уровень ПФС	Кол-во обследованных лиц (88)	Показатели ЭЭГ, %									
		Типы ЭЭГ				Динамика ЭЭГ		Индекс низкочастотной $\beta 1$ -активности		Вспышки билатерально-синхронных волн	
		I	II	III	IV	Устойчивая	Неустойчивая	Нет/ низкий индекс $\beta 1 \leq 15\%$	Высокий индекс $\beta 1 > 15\%$	Нет	Есть
Высокий	9	55,6	0	11,1	33,3	88,9	11,1	77,8	22,2	77,8	22,2
Средний	54	44,4	1,8	16,8	37	38,8	61,2	66,7	33,3	66,7	33,3
Низкий	25	32	0	4	64*	22	88*	56	44	20	80*

Примечание: * – достоверные различия по критерию χ^2 ($p < 0,05$) относительно высокого уровня

Таблица 6

Показатели ЭЭГ у обследованных с разным уровнем физиологического состояния (ФС)

Уровень ПФС	Кол-во обследованных лиц (88)	Показатели ЭЭГ, %									
		Типы ЭЭГ				Динамика ЭЭГ		Индекс низкочастотной $\beta 1$ -активности		Вспышки билатерально-синхронных волн	
		I	II	III	IV	Устойчивая	Неустойчивая	Нет/ низкий индекс $\beta 1 \leq 15\%$	Высокий индекс $\beta 1 > 15\%$	Нет	Есть
Высокий	39	64,1	2,6	12,8	20,5	71,8	28,2	84,6	15,4	79,5	20,5
Средний	18	44,4	0	16,7	38,9	27,8	72,2*	66,7	33,3	38,9	61,1*
Низкий	31	12,9*	0	9,7	77,4*	9,7	90,3*	38,7	61,3*	32,3	67,7*

Примечание: * – достоверные различия по критерию χ^2 ($p < 0,05$) относительно высокого уровня

кочастотной $\beta 1$ -активности (77,8 %) и отсутствие вспышек билатерально-синхронизированных волн (77,8 %). ЭЭГ IV-го типа регистрировались в единичных наблюдениях (11,1 %).

При средней степени выраженности ПС частота рассматриваемых аномальных ЭЭГ признаков имела тенденцию (статистической достоверности не выявлено) проявляться чаще, чем на высоком уровне.

ПС низкой степени статистически достоверно чаще, чем при высоком уровне, соответствовали в ЭЭГ 2 аномальных признака – IV-й тип (83,3 %, $p < 0,05$), и неустойчивая динамика (100 %, $p < 0,05$).

В табл. 5 приведены показатели ЭЭГ у обследованных с разным уровнем психофизиологического состояния (ПФС).

При высоком уровне ПФС доминировали: ЭЭГ I-го типа (55,6 %), устойчивая динамика (88,9 %), низкий индекс низкочастотной $\beta 1$ -активности (77,8 %) и отсутствие вспышек билатерально-синхронных волн (77,8 %).

Средняя степень выраженности ПФС характеризовалась преобладанием паттернов с неустойчивой динамикой (61,2 %, $p < 0,05$) и, приблизительно, в равных количествах выявлялись ЭЭГ I-го и IV-го типов, высокий индекс низкочастотной $\beta 1$ -активности, и значительное количество вспышек билатерально-синхронных волн выявлены у 33,3 %.

ПФС низкой степени выраженности соответствовали 3 аномальных признака ЭЭГ: IV-й тип (64 %, $p < 0,05$), неустойчивая динамика (88 %, $p < 0,05$),

большое количество вспышек билатерально-синхронных волн (80 %, $p < 0,05$).

В табл. 6 приведены показатели ЭЭГ обследованных с разным уровнем физиологического состояния.

Показано, что при высоком уровне ФС преобладали: ЭЭГ I-го типа (64,1 %), устойчивая динамика (71,8 %), низкий индекс низкочастотной $\beta 1$ -активности (84,6 %), отсутствие вспышек билатерально-синхронных волн (79,5 %).

При среднем уровне ФС у большинства обследованных регистрировали неустойчивую динамику (72,2 %, $p < 0,05$) и вспышки билатерально-синхронных волн (61,1 %, $p < 0,05$).

Низкий уровень ФС характеризовался преобладанием всех четырех аномальных признаков ЭЭГ: IV-й тип (77,4 %, $p < 0,05$), неустойчивая динамика (90,3 %, $p < 0,05$), высокий индекс низкочастотной $\beta 1$ -активности (61,3 %, $p < 0,05$), большое количество вспышек билатерально-синхронных волн (67,7 %, $p < 0,05$).

В итоге была сформирована сравнительная характеристика показателей ЭЭГ у обследованных работников АЭС с высокими и низкими уровнями ПФА, ПС, ПФС и ФС (табл. 7).

Итоговая табл. 7 свидетельствует о существенных различиях показателей ЭЭГ у лиц с высокими и низкими уровнями как ПФА в целом, так и составляющих её состояний. Так, при низком уровне ПФА (по сравнению с высоким) преобладали аномальные признаки в биоэлектрической активности головно-

Таблица 7

Показатели ЭЭГ у обследованных с высоким и низким уровнями ПФА, ПС, ПФС и ФС

Уровни ПФА, ПС, ПФС, ФС		Кол-во обследованных лиц		Показатели ЭЭГ, %			
				IV ЭЭГ	Неустойчивая динамика ЭЭГ	Высокий индекс низкочастотной β 1-активности >15 %	Вспышки билатерально-синхронных волн
ПФА	высокий	7	8 %	0	28,6	0	28,6
	низкий	51	57,9 %	64,7*	90,2*	47,9*	74,5*
ПС	высокий	9	10,2	11,1 %	11,1 %	22,2 %	11,1 %
	низкий	6	6,9	83,3 %*	100 %*	33,3 %	50 %
ПФС	высокий	9	10,2	11,1 %	33,3 %	22,2 %	33,3 %
	низкий	25	28,4	64 %*	88 %*	36 %	80 %
ФС	высокий	39	44,3	17,9 %	28,2 %	15,4 %	17,9 %
	низкий	31	35,3	61,3 %*	90,3 %*	61,3 %*	67,7 %*

Примечание: * – достоверные различия по критерию χ^2 ($p < 0,05$) относительно высокого уровня

го мозга по всем анализируемым показателям: IV-й тип ЭЭГ, ее неустойчивая динамика, высокий индекс низкочастотной β 1-активности, наличие вспышек билатерально-синхронных волн.

Анализ показателей ЭЭГ у лиц с высоким и низким уровнями психического, психофизиологического и физиологического компонентов позволил выявить максимальный вклад ФС в снижение интегрального показателя ПФА.

Таким образом, анализ ЭЭГ-показателей при разных уровнях психофизиологической адаптации, а также разных уровнях формирующих его состояний (психического, психофизиологического и физиологического) выявил общую тенденцию – нарастание аномальных показателей БА головного мозга по мере снижения уровня показателей. Эти изменения (IV-й тип ЭЭГ, неустойчивая динамика, высокий индекс низкочастотной β 1-активности, вспышки билатерально-синхронизированных волн) широко описаны в литературе как возможные корреляты функциональных нарушений в работе ЦНС [16, 18, 20, 21, 23]. По мнению этих авторов, реализация описываемых отклонений может осуществляться как на корковом, так и подкорковом уровнях. Так, в случае усиления выраженности ЭЭГ IV-го типа и неустойчивой динамики предпочтение в формировании данной дисфункции отдается коре [1, 4]. Конечно, в каждом конкретном случае такой вывод требует дополнительных исследований. Используемая нами программа мозговой локализации наблюдаемых изменений подтверждала (brain loc) факт вовлечения стволовых структур (преимущественно диэнцефальных отделов) в реакцию мозга при доминировании низкочастотной активности бета диапазона ЭЭГ и билатерально-синхронных вспышек. При этом, не оставляет сомнения, что нарастание аномальных признаков ЭЭГ свидетельствует о снижении функциональной активности мозга и (по нашим данным) коррелиру-

ет с изменением степени адаптации к условиям труда работников АЭС. Адаптация, являющаяся фундаментальным свойством организма существовать в постоянно изменяющихся условиях внешней среды и основанная на способности организма опосредованно отражать окружающую действительность, регулируя параметры внутренней среды (гомеостаз), при снижении проходит через напряжение функциональных систем, что проявляется развитием адаптационного синдрома [24].

Выявленные в наших исследованиях корреляты не являются специфическими, свойственными только данным условиям, как и другие показатели, характеризующие состояние организма. Однако они представляют несомненный интерес для диагностики, профилактики и купирования возможных отклонений в работе ЦНС и организма у обследуемого контингента.

Основываясь на результатах проведенных исследований и данных литературы, можно заключить, что наибольший вклад в снижение интегрального уровня ПФА вносило физиологическое состояние, при низком уровне которого выявлялся весь спектр аномальных характеристик БА головного мозга из рассматриваемых.

Выводы

- 1) ПФА, определяемая по психофизиологическим тестам, находит отражение в показателях биоэлектрической активности головного мозга.
- 2) При низком уровне ПФА характер аномальных ЭЭГ признаков позволяет предполагать наличие функциональных отклонений на разных уровнях ЦНС.
- 3) Наибольшие нейрофизиологические нарушения выявлены у лиц с низким уровнем физиологического состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский Ю.А. Социально-стрессовые расстройства // Русский мед. журн. 1996. Т. 3. № 11. С. 689–694.
2. Асылбекова Л.У., Тапалова О.Б. К вопросу об адаптации военнослужащих с различным типом адаптивной пластичности мозга к оперативно-служебной деятельности // В сб.: «Психология в России и за рубежом: материалы междунар. науч. конф. Санкт-Петербург, октябрь 2011 г. – СПб.: Реноме, 2011. С. 66–68.
3. Безденежных Б.Н. Психофизиологические закономерности взаимодействия функциональных систем при реализации деятельности. – М.: Дисс. докт. мед. наук. 2004. 292 с.
4. Березин Ф.Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека. – Л.: Наука. 1988. 266 с.
5. Исаева Н.А. Торубаров Ф.С., Зверева З.Ф., Лукьянова С.Н. Биоэлектрическая активность головного мозга у работников Билибинской атомной электростанции, имеющих риск развития ишемического инсульта // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2013. № 4. С. 48–54.
6. Исаева Н.А. Торубаров Ф.С., Зверева З.Ф. Оценка риска сосудистых заболеваний головного мозга у работников Билибинской АЭС// Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2013. Т. 55. № 2. С. 39–45.
7. Торубаров Ф.С., Зверева З.Ф., Исаева Н.А. и соавт. Особенности биоэлектрической активности головного мозга у работников АЭС с различным уровнем психофизиологической адаптации // Материалы XII Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье» V Всероссийского съезда врачей-профпатологов», 27–30 ноября 2013 г., Москва. С. 458–459.
8. Базанова О.М. Современная интерпретация а-активности ЭЭГ // Успехи физиол. наук. 2009. Т. 40. № 3. С. 32–53.
9. Дмитриева Н.В. Электрофизиологические механизмы развития адаптационных процессов // Физиология человека. 2004. Т. 30. № 3. С. 35–44.
10. Коробейникова Е.П. Изменения альфа-ритма человека при общих неспецифических адаптационных реакциях, вызванных ПеМП // В сб.: «Применение лазеров и магнитов в биологии и медицине». – Ростов-на-Дону. 1983. С. 64–67.
11. Полещук Т.С. Профиль функциональной асимметрии мозга и адаптация студентов к учебному процессу. Автореф. дисс. канд. мед. наук. – Владивосток. 2011. 41 с.
12. Бобров А.Ф., Зарудный Д.И., Зубин С.В., Щепланов В.Ю. Система поддержки принятия решения при оценке профессиональной надёжности персонала объектов использования атомной энергии // Медицина катастроф. № 6. 2006. С. 6–11.
13. Бобров А.Ф. Информационные технологии в медицине труда // Медицина труда и промышленная экология. 2013. № 9. С. 40–47.
14. Котенко К.В., Бушманов А.Ю., Щепланов В.Ю., Бобров А.Ф. Руководство по оценке и интерпретации результатов мониторинга психофизиологического состояния работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно и ядерноопасные производства и объекты в области использования атомной энергии. Методические рекомендации. 2014.
15. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина. 1997. 236 с.
16. Жирмунская Е.А. Клиническая электроэнцефалография. – М.;Мэйби. 1991. 77 с.
17. Жирмунская Е.А. Электроэнцефалографическая характеристика дисциркуляторной энцефалопатии.// Невропатология и психиатрия им. С.С. Корсакова. 1991. Т. 91. № 1 С. 35–41.
18. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография. – Изд-во Таганрогского Ун-та. 1996. 358 с.
19. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней. 2-е издание. – М.: Медицина. 2004. С. 7–146.
20. Лукьянова С.Н. Биоэлектрическая активность коры и некоторых подкорковых образований при экспериментальном неврозе// ЖВНД. 1976. Т. 26. № 3. С. 539–547.
21. Болдырева Г.Н. Электрическая активность мозга при поражении диэнцефальных и лимбических структур. – М.: Наука. 2000. 181 с.
22. Латаш Л.П. Гипоталамус. Приспособительная активность и электроэнцефалограмма. – М.: Наука. 1978. 295 с.
23. Поворинский А.Г. Структурные изменения ЭЭГ и некоторые механизмы внутрицентральных отношений, складывающиеся при поражении ретикулярной формации ствола головного мозга человека // В сб.: «Физиология и патофизиология лимбико-ретикулярной системы». – М. 1971. С. 75–80.
24. Селье Г. Стресс без дистресса. Пер. с англ. – М.: Прогресс. 1979. 124 с.

Поступила: 10.03.2016

Принята к публикации: 28.09.2016