

## ЭФФЕКТ КРАТКОВРЕМЕННОГО ВЛИЯНИЯ СПЕЛЕОКЛИМАТОТЕРАПИИ НА ЭЭГ ЧЕЛОВЕКА

**В.А. Семилетова, Е.В. Дорохов**

Воронежский государственный медицинский  
университет, Воронеж, Россия

Проведено исследование механизмов кратковременного влияния спелеоклиматотерапии на ритмическую активность и межполушарную асимметрию ЭЭГ человека с участием студентов-добровольцев 2 курса ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. Выявлены изменения в динамике ритмической активности ЭЭГ, межполушарной асимметрии. Полученные нами результаты можно интерпретировать как состояние умеренного стресса в результате кратковременного воздействия спелеоклиматотерапии на организм человека.

**Ключевые слова:** спелеоклиматотерапия, электроэнцефалография, ЭЭГ, ритм, мощность, межполушарная асимметрия, коэффициент корреляции.

## EFFECT OF SHORT-TERM INFLUENCE OF SPELEOCLIMATOTHERAPY ON HUMAN EEG

**V.A. Semiletova, E.V. Dorokhov**

Voronezh State Medical University, Voronezh, Russia

**ABSTRACT.** A study of the mechanisms of the short-term influence of speleoclimatotherapy on rhythmic activity and interhemispheric asymmetry of the EEG of a person was carried out with the participation of volunteer students of the 2nd year of VSMU. Changes in the dynamics of the rhythmic activity of the EEG and interhemispheric asymmetry were revealed. Our results can be interpreted as a state of moderate stress as a result of a short-term effect of speleoclimatotherapy on the human body.

**Keywords:** speleoclimatotherapy, electroencephalography, EEG, rhythm, power, hemispheric asymmetry, correlation coefficient.

Спелеоклиматотерапия – моделирование микроклимата сальвинитовых пещер. В настоящее время спелеоклиматотерапия является популярным методом лечения и профилактики различных заболеваний в усло-

виях санаториев, лечебниц и даже поликлиник. Положительный эффект от воздействия микроклимата спелеотерапии объясняют составом воздуха: так, содержание легких электроотрицательных аэроионов в специально оборудованной спелеокамере составляет 760–960 в 1 см<sup>3</sup>, что существенно больше, чем в атмосферном воздухе (содержание электроотрицательных аэроионов в атмосферном воздухе 115–160 в 1 см<sup>3</sup>) [1, 2].

Согласно литературным данным, под влиянием 10 сеансов спелеоклиматотерапии у пациентов наблюдалось повышение физического компонента качества жизни, физического функционирования, интенсивности, психического компонента качества жизни [3]. Исследования показателей иммунного статуса показали увеличение количества Т-лимфоцитов CD45+CD3+, в том числе Т-хелперов CD45+CD3+CD4+, обеспечивающих иммунный ответ крови пациентов под влиянием спелеоклиматотерапии, а также увеличение количества Т-цитотоксических лимфоцитов CD45+CD3+CD8+, обеспечивающих клеточный иммунитет и В-лимфоцитов CD19+, обеспечивающих гуморальный иммунитет человека [4].

Анализ кардиоритма до и после посещения 10 сеансов спелеоклиматотерапии выявил снижение индекса напряжения, повышение мощности волн спектра HF, что является выражением активности парасимпатического отдела автономной нервной системы и снижение мощности волн спектра VLF, что, как полагают, отражает развитие у пациентов психоэмоционального стресса. Показано, что после курса спелеоклиматотерапии наблюдалось снижение показателей ситуативной и личностной тревожности.

По параметрам простой зрительно-моторной реакции после прохождения десяти курсов спелеоклиматотерапии наблюдалось достоверное снижение среднего времени реакции, параметры уровня активации центральной нервной системы повышались, а суммарное число ошибок уменьшалось [3].

Мощность и амплитуда тета-ритма ЭЭГ имели тенденцию к снижению после спелеосеанса как при закрытых, так и при открытых глазах испытуемых, с имеющимися межполушарными отличиями в динамике. В состоянии функционального покоя с открытыми и закрытыми глазами у пациентов после воздействия электроотрицательных аэроионов снижалось напряжение в ЦНС. Мощность ритма бета-1 при закрытых и открытых глазах, и альфа-ритма при открытых глазах увеличивались после спелеосеансов [5–7].

Следовательно, спелеовоздействие увеличивает адаптационные возможности организма человека благодаря перестройке деятельности

нейроиммуноэндокринной системы, что активирует защитные силы организма человека [3]. Однако тонкие механизмы воздействия спелеоклимата на организм человека до конца еще не изучены.

Известно, что одним из первых на изменение состава воздуха реагирует мозг человека, поэтому особенно интересным нам представляется исследование изменения мозговой активности под влиянием кратковременного воздействия спелеоклиматотерапии. Кратковременного – поскольку именно после первых сеансов пациенты жалуются на головокружение (24 %), кашель (10 %), изменение вкуса и (или) запаха (10 %), замедление двигательных реакций (7 %), учащенное сердцебиение (7 %) в условиях спелеокамеры (симптомы проходили через 10–15 мин после окончания сеанса). Редкими симптомами были сонливость, расслабленное состояние, «мушки перед глазами». После 3–4 сеансов спелеоклиматотерапии эти симптомы проходили, а после 10-го сеанса 100 % пациентов признавали положительное воздействие спелеоклимата на организм (Семилетова, 2021).

**Цель** нашей работы – исследование механизмов кратковременного влияния спелеоклиматотерапии на ритмическую активность и межполушарную асимметрию ЭЭГ человека.

**Материал и методы исследования.** В исследовании приняли участие 25 студентов-добровольцев 2 курса ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, правши, 18–20-ти лет (15 человек экспериментальной группы и 10 человек контрольной группы; рассчитанная по формуле Лера минимальная выборка для нашего исследования должна составлять 10 человек). Критериями включения в экспериментальную группу явились: состояние здоровья студента, отсутствие острого периода вирусной или бактериальной инфекции, обострения хронических заболеваний, изменения анатомии носовых ходов.

Исследование соответствовало этическим стандартам, разработанным в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Каждый участник был информирован о цели исследования, подписав согласие на участие в эксперименте.

У студентов экспериментальной группы регистрация ЭЭГ проведена до и после двухчасового спелеоклиматотерапевтического воздействия, в состоянии функционального покоя, в малой спелеокамере на одного паци-

ента, с помощью электроэнцефалографа-регистратора “Энцефалан – ЭЭГР – 19/26” фирмы Медиком (г. Таганрог) в 19-ти стандартных отведениях согласно международной схеме 10–20.



394006 г. Воронеж  
 пр. Муравьева, 16  
 ИНН/КПП: 366205298/366201001  
 ОГРН: 1023601567450  
 Тел: (473) 240-02-12;  
 Факс: (473) 222-68-31  
 www.speleokamera.com  
 E-mail: klimat@gmail.ru

**ООО «Климат-Черноземье»**  
 Сильвинитовые спелеоклиматические камеры,  
 спелеоконматы и солевальтры  
 - Поставка - Монтаж - Сервис

**Протокол параметров лечебной воздушной среды.**

В спелеокамерах ВГМУ им. Бураченко, (Большая / малая)  
 Постройка – октябрь 2006 г., рабочая площадь спелеокамер – 14 / 2,1 м<sup>2</sup>

Требования «Методических рекомендаций по лечению в спелеоклиматической камере из натуральных калийно-магневых солей Верхнекамского месторождения» Минздрава РФ от 28.04.94 г.	Фактические данные (по результатам измерений)	
	До проведения сервисного обслуживания	После проведения сервисного обслуживания
	(Большая / малая)	(Большая / малая)
- температура воздуха: в пределах 14-22 °С	22 / 16	20 / 17
- относительная влажность воздуха: в пределах 40-75 %	60 / 70	70 / 73
- подвижность воздуха: порядка 0,01-0,1 м/с	0,15 / 0,18	0,05 / 0,02
- содержание отрицательных аэроионов: от 800 – 1200 - 2500 е/см <sup>3</sup>	180 / 1000	1080 / 1100
- содержание положительных аэроионов, е/см <sup>3</sup>	480 / 1250	600 / 700
- максимально допустимые дозы радиации для населения от природных источников - 50 мкР в час (из СанПин 2.6.1.2523-09 (НРБ 99/2009).	14 / 17	14 / 18

Дата «09» января 2020 г.  
 Директор ООО «Климат-Черноземье» \_\_\_\_\_ И.В. \_\_\_\_\_

Рис. 1. Малая спелеокамера в ФБГОУ ВО ВГМУ, кафедра нормальной физиологии

У студентов контрольной группы регистрация ЭЭГ проведена до и после 2-х часового отдыха, в состоянии функционального покоя, с помощью электроэнцефалографа-регистратора “Энцефалан – ЭЭГР – 19/26” фирмы Медиком (г. Таганрог) в 19-ти стандартных отведениях согласно международной схеме 10–20.

Для анализа использовались показатели средней мощности ЭЭГ по 14-ти зарегистрированным отведениям. Межполушарная асимметрия была рассчитана по следующей формуле:  $MPA = (Mощность\ слева - Mощность\ справа) / Mощность\ ср) * 100 \%$  с использованием пакета программ Excel.

Анализ полученных данных проведен с помощью программ Excel и IBM SPSS Statistics 26. Определена нормальность распределения признаков с использованием критерия Шапиро-Уилка, расчет достоверности отличий между зависимыми переменными проведен с использованием непараметрического критерия Уилкоксона для зависимых переменных, корреляционный анализ проведен по Спирмену.

**Полученные результаты и их обсуждение.** Анализ полученных данных по изменению ЭЭГ студентов контрольной группы показал от-

сутствие достоверных или сколько-либо заметных отличий амплитуды и мощности ритмов ЭЭГ до и после 2-часового отдыха. Исследование межполушарной активности и корреляционных взаимоотношений мощностных характеристик отдельных ритмов справа и слева на ЭЭГ не выявил отличий в количестве корреляционных связей, их системной организации справа и слева до и после отдыха. Доминирующее полушарие у испытуемых контрольной группы не изменилось (доминировало левое полушарие по выраженности тета, альфа и бета-1 ритмам, правое – по выраженности бета-2 ритма). Центрами корреляционных связей были отведения С3 и С4 по тета, бета-1 и бета-2 ритмам; и фронтальные, центральные и височные отведения справа и слева по альфа-ритму. Поэтому нижеописанные изменения можно с уверенностью отнести к влиянию аэроионов в спелеокамере на ЭЭГ испытуемых.

Анализ средней мощности ЭЭГ до и после спелеоклиматотерапии показал, что наблюдается тенденция к снижению тета-ритма, как при открытых ( $7,056 \pm 0,107$  мкВ<sup>2</sup> и  $6,891 \pm 0,129$  мкВ<sup>2</sup>), так и при закрытых глазах пациента ( $7,269 \pm 0,287$  мкВ<sup>2</sup> и  $7,08 \pm 0,135$  мкВ<sup>2</sup>). Средняя мощность альфа-ритма испытуемых повышалась после сеанса спелеоклиматотерапии как при открытых ( $9,525 \pm 0,359$  мкВ<sup>2</sup> и  $13,399 \pm 0,706$  мкВ<sup>2</sup>), так и при закрытых глазах ( $17,316 \pm 0,688$  мкВ<sup>2</sup> и  $20,631 \pm 0,853$  мкВ<sup>2</sup>).

Средняя мощность бета-1 – ритма испытуемых достоверно повышалась после сеанса спелеоклиматотерапии ( $p < 0,05$ ) как при открытых ( $7,971 \pm 0,15$  мкВ<sup>2</sup> и  $15,597 \pm 0,291$  мкВ<sup>2</sup>), так и при закрытых глазах ( $8,18 \pm 0,127$  мкВ<sup>2</sup> и  $42,363 \pm 0,615$  мкВ<sup>2</sup>). Изменения средней мощности бета-2 ритма не так однозначны: средняя мощность бета-2 диапазона снижалась при открытых глазах испытуемых ( $4,27 \pm 0,144$  мкВ<sup>2</sup> и  $4,04 \pm 0,112$  мкВ<sup>2</sup>) и повышалась при закрытых глазах пациентов ( $3,826 \pm 0,078$  мкВ<sup>2</sup> и  $4,36 \pm 0,16$  мкВ<sup>2</sup>).

Как мы полагаем, описанные изменения отражают готовность пациентов к включению в активную деятельность, повышение работоспособности.

Выявлено, что под влиянием спелеоклиматотерапии заметно снижалась мощность тета-ритма в затылочных отведениях справа в функциональном состоянии «открытые глаза» ( $p = 0,074$ ) и повышалась мощность тета-ритма в затылочных отведениях слева в функциональном состоянии «закрытые глаза» ( $p = 0,074$ ) (табл. 1, рис. 2). В целом, эти данные отражают общую тенденцию медианы тета-ритма к снижению в функциональном состоянии «открытые глаза» с уменьшением разброса квартилей Q1-Q3. И общую тенденцию медианы тета-ритма к увеличе-

нию в функциональном состоянии «закрытые глаза» с увеличением разброса квартилей Q1-Q3.

Таблица 1

Изменение параметров мощности тета-ритма под влиянием сеанса спелеоклиматотерапии (Me, Q1-Q3), мкВ<sup>2</sup>

Тета-ритм	Состояние покоя с открытыми глазами						Состояние покоя с закрытыми глазами					
	До спелео			После спелео			До спелео			После спелео		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
O2-A2	9.07	6.52	13.5	5.74	4.98	8.07	5.67	3.93	8.63	5.78	4.36	6.94
O1-A1	5.48	4.49	7.67	4.34	3.07	8.22	4.06	3.31	5.81	5.59	4.10	7.53
P4-A2	10.4	5.48	12.9	9.12	5.22	11.3	6.36	4.46	12.6	6.95	4.99	8.64
P3-A1	8.92	5.71	10.4	7.56	1.96	10.2	7.33	3.42	9.40	9.05	4.62	11.53
C4-A2	9.96	7.67	12.3	8.70	6.47	12.1	8.22	5.78	11.7	9.35	7.58	12.23
C3-A1	8.00	5.29	9.91	8.83	7.04	10.9	6.65	5.27	12.3	11.1	8.08	13.92
F4-A2	9.76	9.13	11.3	9.17	6.71	10.6	8.40	5.99	12.4	9.61	8.27	11.90
F3-A1	8.35	7.57	10.3	10.6	7.69	11.9	6.61	5.23	9.17	9.67	8.29	12.94
T6-A2	6.68	3.85	10.4	6.22	3.53	7.21	5.16	2.97	9.59	4.62	3.77	7.02
T5-A1	4.76	1.96	7.04	3.62	0.86	4.95	5.04	2.06	8.01	5.07	1.68	5.24
T4-A2	4.46	3.32	7.62	3.94	2.22	6.16	3.68	2.70	6.49	4.90	3.73	6.89
T3-A1	3.73	2.30	4.68	3.14	2.03	5.85	2.85	2.57	4.38	4.80	3.41	5.93
F8-A2	5.67	4.48	7.33	5.39	3.87	5.83	5.33	3.44	6.60	5.57	3.94	10.23
F7-A1	5.64	4.49	6.86	5.12	4.08	6.90	5.19	3.97	5.88	5.96	3.62	8.14

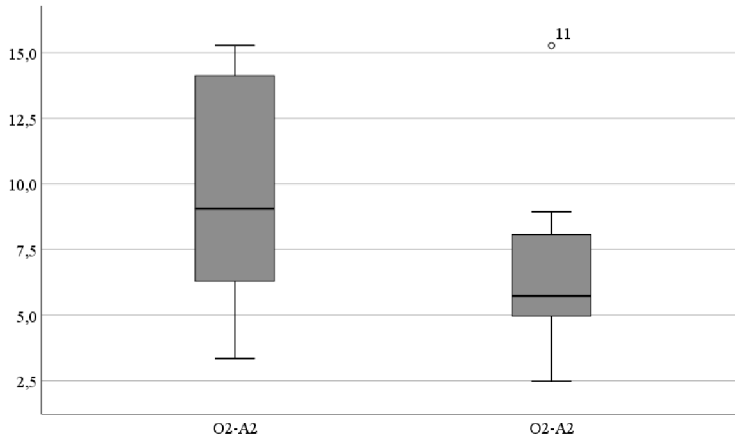
Медиана альфа-ритма незначительно увеличивалась как в функциональном состоянии «закрытые глаза» (кроме отведений O2, T4, T5 и F8), так и в функциональном состоянии «открытые глаза» (кроме отведений O2, T5). Разброс квартилей Q1-Q3 возрастал после спелео-сеанса (см. табл. 2).

Мощность альфа-ритма заметно увеличивалась в теменных отведениях P4 в функциональном состоянии «открытые глаза» ( $p = 0,064$ ) (см. табл. 2, рис. 3).

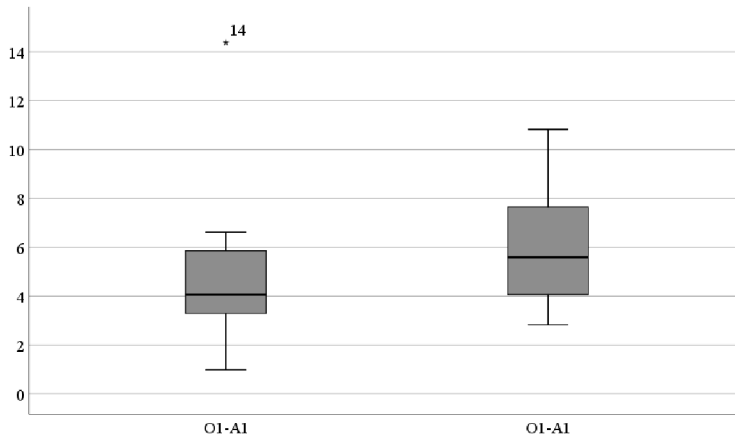
По параметрам бета-1 и бета-2 ритмов ЭЭГ в исследуемых 14-ти отведениях, в отличие от суммарной активности бета-1-ритма, значимых или заметных отличий под влиянием двухчасового сеанса спелеоклиматотерапии не выявлено (табл. 3, 4).

Показатели межполушарной асимметрии представлены в табл. 5.

Отметим, что в состоянии функционального покоя при открытых глазах до сеанса спелеоклиматотерапии у испытуемых наблюдалась больше активность правого полушария. После спелеовоздействия активность правого полушария снижалась, а в центральных и фронтальных областях начинало доминировать левое полушарие.



А. Мощность тета-ритма в затылочных отведениях справа в функциональном состоянии «открытые глаза» до (слева) и после (справа) сеанса спелеоклиматотерапии



Б. Мощность тета-ритма в затылочных отведениях слева в функциональном состоянии «закрытые глаза» до (слева) и после (справа) сеанса спелеоклиматотерапии

Рис. 2. Мощность тета-ритма в затылочных отведениях до и после сеанса спелеоклиматотерапии

В состоянии функционального покоя при закрытых глазах до сеанса спелеоклиматотерапии у испытуемых также наблюдалась больше активность правого полушария. Однако после спелеосеанса в височных областях активность правого полушария усиливалась; в теменных и фронтальных активность правого полушария снижалась; а в затылочных и центральных начинало доминировать правое полушарие.

Изменение параметров мощности альфа-ритма  
под влиянием сеанса спелеоклиматотерапии (Me, Q1-Q3), мкВ<sup>2</sup>

Альфа-ритм	Состояние покоя с открытыми глазами						Состояние покоя с закрытыми глазами					
	До спелео			После спелео			До спелео			После спелео		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
O2-A2	11.8	7.58	17.2	11.4	8.10	28.5	33.0	14.7	45.6	30.7	20.4	52.9
O1-A1	8.01	4.42	15.7	12.9	3.97	33.1	24.5	14.2	42.9	34.2	19.2	48.0
P4-A2	12.1	8.21	17.4	17.1	11.7	40.1	30.8	15.7	42.4	31.4	23.5	52.3
P3-A1	9.28	4.83	14.8	11.0	1.30	20.9	12.7	5.05	41.4	19.7	12.8	42.3
C4-A2	12.1	10.7	14.8	14.3	10.5	19.5	18.0	11.6	36.6	18.2	15.1	22.4
C3-A1	14.4	8.13	19.7	15.0	10.5	27.2	24.6	16.0	39.4	26.2	15.2	33.9
F4-A2	9.81	7.97	11.3	10.8	7.93	15.9	18.1	9.25	33.1	21.4	12.1	36.2
F3-A1	8.79	5.81	12.2	11.3	9.10	16.9	17.6	12.9	31.5	19.6	14.9	35.6
T6-A2	8.79	4.72	12.2	10.8	8.75	17.1	20.1	8.57	38.1	26.3	19.6	45.2
T5-A1	5.06	2.97	8.83	4.68	1.03	20.8	16.0	4.68	23.8	12.6	6.51	34.8
T4-A2	4.18	2.94	9.08	4.33	3.72	7.40	8.56	5.20	19.0	11.7	6.59	30.0
T3-A1	3.94	2.18	8.81	6.38	1.86	11.0	8.43	4.02	11.8	6.40	5.11	12.9
F8-A2	5.71	2.41	8.64	5.01	2.74	9.47	12.8	5.75	26.2	12.0	9.09	34.4
F7-A1	4.94	3.05	8.38	6.94	3.18	10.8	13.6	5.77	22.6	12.0	6.09	25.3

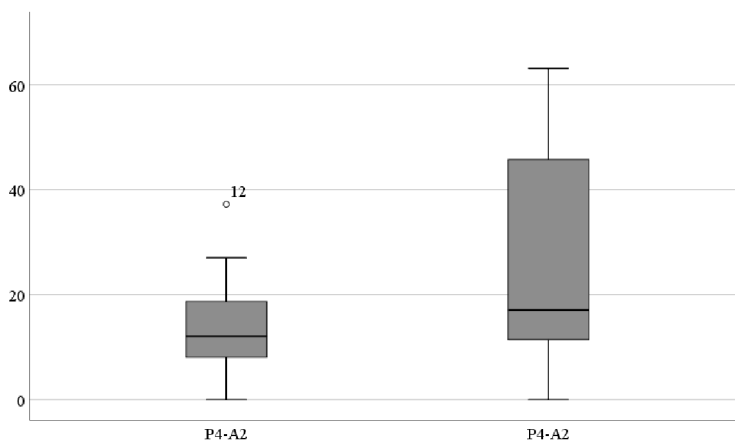


Рис. 3. Мощность альфа-ритма в теменных отведениях  
справа до и после сеанса спелеоклиматотерапии в функциональном  
состоянии «открытые глаза» до (слева) и после (справа)  
сеанса спелеоклиматотерапии

К настоящему времени установлена неравная функциональная роль полушарий в адаптации организма к стрессу. Экспериментально доказано доминирование правого полушария в отношении контроля основных стресс-реализующих систем: гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и симпатoadреналовой [8].



Таблица 3

Изменение параметров мощности бета-1-ритма под влиянием  
сеанса спелеоклиматотерапии (Me, Q1-Q3), мкВ<sup>2</sup>

Бета1- ритм	Состояние покоя с открытыми глазами						Состояние покоя с закрытыми глазами					
	До спелео			После спелео			До спелео			После спелео		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
O2-A2	7.66	4.78	10.8	7.85	7.23	8.89	6.31	5.54	10.2	8.06	6.89	13.5
O1-A1	7.77	5.36	11.6	6.84	4.41	8.19	7.34	5.93	8.99	9.24	6.36	12.8
P4-A2	6.27	4.87	10.3	6.66	3.40	7.41	5.86	4.79	7.04	6.76	4.64	8.45
P3-A1	7.26	3.75	10.6	5.25	1.47	10.0	6.10	3.39	11.5	7.41	5.24	14.4
C4-A2	7.12	5.33	13.5	8.03	6.36	9.53	6.44	5.13	11.7	7.85	5.54	20.5
C3-A1	9.27	6.92	10.8	7.83	6.66	11.0	7.96	6.31	11.1	10.0	6.31	13.0
F4-A2	6.42	4.48	11.5	7.34	4.87	8.57	6.81	5.09	10.8	7.00	4.85	12.6
F3-A1	6.40	4.57	9.82	7.42	5.80	11.3	6.67	5.79	9.47	6.74	5.05	10.5
T6-A2	4.62	3.44	10.0	6.81	3.45	7.77	4.84	4.46	8.40	7.23	4.85	11.4
T5-A1	5.08	2.93	8.46	5.02	1.21	8.33	5.61	3.35	7.62	6.68	3.95	9.45
T4-A2	7.49	3.89	11.2	6.72	4.87	8.66	8.05	4.73	9.47	8.75	5.67	10.1
T3-A1	8.39	5.30	9.15	8.97	8.05	9.81	8.58	6.18	11.2	9.38	5.26	9.85
F8-A2	5.15	1.50	7.36	4.73	2.82	6.25	5.70	3.33	7.62	5.11	4.41	5.54
F7-A1	4.36	2.61	6.76	6.25	2.83	7.90	5.75	4.31	6.31	4.38	3.46	7.17

Таблица 4

Изменение параметров мощности бета-2-ритма под влиянием  
сеанса спелеоклиматотерапии (Me, Q1-Q3), мкВ<sup>2</sup>

Бета2- ритм	Состояние покоя с открытыми глазами						Состояние покоя с закрытыми глазами					
	До спелео			После спелео			До спелео			После спелео		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
O2-A2	5.11	2.62	7.10	4.54	3.71	7.04	3.46	2.34	6.11	4.80	2.78	7.51
O1-A1	8.35	3.71	9.53	4.56	3.45	6.67	4.88	3.34	7.35	5.63	3.76	7.92
P4-A2	2.04	1.39	4.73	2.86	1.81	3.86	2.58	1.06	3.54	1.91	1.36	3.29
P3-A1	4.99	1.78	8.96	4.04	0.93	5.40	3.49	1.81	4.59	3.66	2.36	5.80
C4-A2	4.19	1.76	6.85	3.47	2.77	5.65	3.49	1.42	6.94	3.05	1.82	7.99
C3-A1	5.12	2.25	7.27	4.22	3.35	5.32	3.58	2.92	4.57	4.41	2.48	6.37
F4-A2	3.71	1.68	5.81	3.30	2.62	4.53	3.11	2.06	7.29	2.94	1.69	5.78
F3-A1	3.87	2.25	5.58	4.19	3.26	4.88	3.37	2.60	4.40	3.19	2.76	4.22
T6-A2	2.78	1.54	4.92	3.64	1.75	5.95	2.48	1.12	4.91	2.78	1.61	5.68
T5-A1	5.50	2.56	8.26	6.44	1.52	7.47	4.41	2.92	6.16	4.92	2.82	8.94
T4-A2	4.18	3.01	7.94	5.69	3.53	8.26	6.01	3.20	7.13	4.48	3.14	6.83
T3-A1	5.84	4.89	10.4	6.70	5.08	10.3	6.50	4.30	9.80	7.35	3.14	11.9
F8-A2	2.97	1.00	4.66	2.43	1.87	4.98	2.89	1.41	5.40	3.33	2.29	4.67
F7-A1	3.75	2.16	5.57	3.98	1.96	5.45	3.25	2.34	5.09	2.98	1.98	4.90

Межполушарная асимметрия (МПА) ЭЭГ  
до и после спелеовоздействия

	МПА ОГ до спелео	МПА ОГ после спелео	МПА ЗГ до спелео	МПА ЗГ после спелео
O1-O2	-24.02	-9.82	-9.96	0.14
P3-P4	-22.30	-15.98	-15.54	-11.68
C3-C4	-9.57	4.17	-3.70	4.84
F3-F4	-6.12	7.23	-8.03	-0.75
Fp1-Fp2	-6.58	3.36	-13.90	-2.36
T5-T6	-55.25	-40.42	-28.08	-42.39
T3-T4	-12.40	-4.09	-9.11	-14.48
F7-F8	-1.04	8.86	-12.04	-2.64

*Примечание:* ОГ – открытые глаза, ЗГ – закрытые глаза.

Двумерная модель функциональных состояний (активации и напряжения) имеет свои электрофизиологические аналоги. В частности, характеристике межполушарных отношений соответствуют функциональные состояния, оцениваемые по шкале релаксация – стресс.

Динамика полушарного доминирования и инверсия межполушарных отношений наиболее закономерно происходит при смене функциональных состояний, в частности, когда наблюдается переход от более или менее комфортного существования к стрессу. Наиболее часто в этом случае происходит переход от левополушарной к правополушарной активации. По данным Ениколоповой и Гориной (2001) у лиц, находящихся в состоянии напряжения адаптационных процессов (ликвидаторов ЧАЭС, больных нервными и соматическими заболеваниями на ранней стадии развития болезни), проявляется симптомокомплекс нарушений, свидетельствующий о вовлеченности в этот процесс диэнцефальных образований и структур правого полушария головного мозга. Совокупность данных свидетельствует о большем участии правого полушария головного мозга, по сравнению с левым, в адаптационных процессах.

В некоторых случаях переход осуществляется, наоборот, от правополушарного к левополушарному доминированию, как в нашем случае. Возможно, подобная смена межполушарных отношений связана с предотвращением энергетического истощения и носит компенсаторный характер [9, 10].

Изменение межполушарных отношений вследствие различной подкорковой активации влечет за собой динамику базовых характеристик организма, включая биохимические, иммунологические, физиологические и другие показатели. Регуляция межполушарных отношений открывает возможности управления функциональным состоянием организма.

Еще раз подчеркнем, что в большинстве случаев стресс сопровождается активацией правого полушария. Усиление правополушарной активности показано с помощью ПЭТ у людей после депривации сна, которую также можно рассматривать как стресс (Вольф, 1996).

В.И. Комиссаровым и И.О. Масалевой (2012) показано, что отрицательное психоэмоциональное состояние выражается не столько в изменении функциональной активности исследуемых проекционных зон коры, сколько в перестройке функциональных связей между ними. Анализ корреляционных показателей спектральной мощности тета-ритма ЭЭГ правого и левого полушарий выявляет наиболее заметные изменения системной организации пространственно-временных взаимоотношений в зависимости от возмущающего фактора [11].

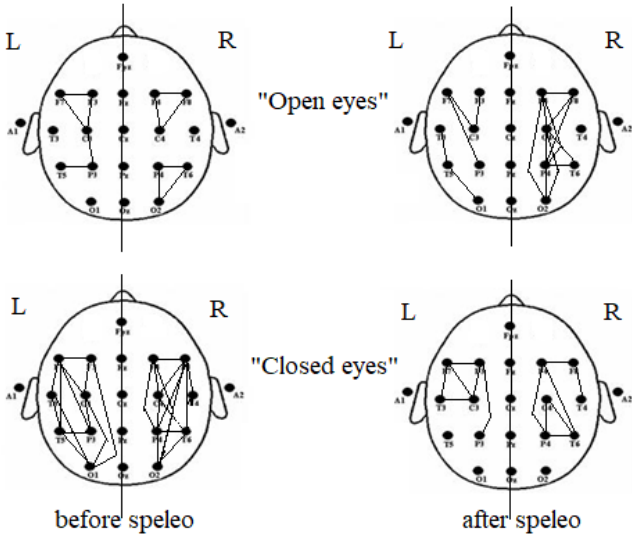


Рис. 4. Значимые корреляционные связи (по Спирмену) мощности тета-ритма до и после спелеоклиматотерапевтического сеанса ( $p < 0.05$ )

Проведенный нами корреляционный анализ мощности тета-ритма ЭЭГ правого и левого полушарий до и после спелеоклиматотерапевтического сеанса (состояние покоя, «открытые глаза» и «закрытые глаза»)

по Спирмену показал, что в функциональном состоянии покоя при открытых глазах количество значимых корреляционных связей ( $p < 0.005$ ) больше в правой полушарии после спелеоклиматотерапевтического сеанса, возросло число корреляционных связей выраженности тета-ритма во всех регистрируемых областях мозга диффузно, что могло свидетельствовать об умеренном стрессе. В левой полушарии в функциональном состоянии покоя при открытых глазах количество значимых корреляционных связей мощности тета-ритма после спелео оставалось прежним, при этом изменялась их системная организация.

В функциональном состоянии покоя при закрытых глазах количество значимых корреляционных связей мощности тета-ритма снижалось после сеанса спелеоклиматотерапии как в правой, так и в левой полушарии головного мозга. При этом в правой полушарии после спелеосеанса количество значимых корреляционных связей мощности тета-ритма оставалось более высоким, чем в левой полушарии.

Полученные нами данные можно интерпретировать как состояние умеренного стресса на фоне нахождения испытуемых в спелеокамере, чем и можно объяснить возникающие жалобы пациентов (до 24 %) на ухудшение своего функционального состояния после первого сеанса спелеоклиматотерапии. Однако данные изменения не являются патологическими, и могут рассматриваться как временное возмущение в ЦНС под влиянием аэроионов.

## **Выводы**

1. Под воздействием спелеосеанса снижалась средняя мощность тета- и альфа-ритмов ЭЭГ, увеличивалась средняя мощность бета-1 ритма. После сеанса спелеоклиматотерапии средняя мощность бета-2 диапазона снижалась в функциональном состоянии покоя при открытых глазах испытуемых и повышалась в функциональном состоянии покоя при закрытых глазах пациентов. Выявлены изменения в мощности тета- и альфа-ритмов в затылочных и теменных отведениях под влиянием кратковременного влияния спелеоклиматотерапии.

2. В состоянии функционального покоя до спелеосеанса у испытуемых наблюдалась больше активность правой полушария, после спелеовоздействия активность правой полушария в большинстве областей снижалась.

3. В функциональном состоянии покоя при открытых глазах после спелеоклиматотерапевтического сеанса отмечено большее количество значимых корреляционных связей мощности тета-ритма в правой полу-

шарии, возросло число корреляционных связей выраженности тета-ритма во всех регистрируемых областях мозга диффузно, что может свидетельствовать об умеренном стрессе.

4. В левом полушарии в функциональном состоянии покоя при открытых глазах количество значимых корреляционных связей мощности тета-ритма после спелео осталось прежним, при этом изменилась их системная организация.

5. В функциональном состоянии покоя при закрытых глазах количество значимых корреляционных связей мощности тета-ритма снизилось после спелеоклиматотерапии как в правом, так и в левом полушарии головного мозга. При этом в правом полушарии после спелеосеанса количество значимых корреляционных связей осталось более высоким, чем в левом полушарии, что можно рассматривать также как состояние умеренного напряжения.

6. Полученные нами результаты можно интерпретировать как состояние умеренного стресса в результате кратковременного воздействия спелеоклиматотерапии на организм человека.

### **Список литературы**

1. Файнбург Г.З. О доказательности эффективности методов спелеотерапии в калийных рудниках и спелеоклиматотерапии в сильвинитовых спелеокамерах // В сборнике: Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства, добычи и использования калийно-магниевого сырья: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Г.З. Файнбурга, 2018. – С. 416–441.

2. Невзоров А.Ю., Мухина М.Ю. Спелеотерапия как разновидность альтернативной медицины // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т. 3, № 2. – С. 177.

3. Эффективность спелеоклиматотерапии у студентов в состоянии хронического стресса / Есауленко И.Э., Дорохов Е.В., Горбатенко Н.П. [и др.] // Экология человека. – 2015. – № 7. – С. 50–57.

4. Дорохов Е.В., Жоголева О.А. Спелеоклиматотерапия как инновационный метод здоровьесбережения // Вестник новых медицинских технологий. – 2011. – Т. 18, № 2. – С. 133–135.

5. Семилетова В.А. Изменение мощностных характеристик биоэлектрической активности мозга человека под влиянием спелеоклиматотерапии // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики.

Серия: Познание. – 2021. – № 01. – С. 53–59 DOI 10.37882/2500-3682.2021.01.14

6. Семилетова В.А., Дорохов Е.В., Нечаева М.С. Влияние спелеоклиматотерапии на фоновую ЭЭГ активность головного мозга человека // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета, 2021. – № 1 (77). – С. 116–120.

7. Мерзликина А.О., Меркулова А.П., Юрьева Д.А. Исследование влияния спелеоклиматотерапии на ЭЭГ человека // В сборнике: Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины. Материалы 77-й международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов, 2019. – С. 449.

8. Екушева Е.В., Дамулин И.В. К вопросу о межполушарной асимметрии в условиях нормы и патологии // Журнал неврологии и психиатрии, 2014. – № 3. – С. 92–97.

9. Функциональная межполушарная асимметрия и асимметрия межполушарных отношений / Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., Городенский Н.Г., Иващенко Е.И., Разыграев И.И. // в сборнике «Системный подход в физиологии». Труды научного совета по экспериментальной и прикладной физиологии. Под общ. ред. К.В. Судакова, 2004. – Т. 12. – С. 111–127.

10. Луценко Е.Л. Особенности межполушарной асимметрии индекса альфа-ритма у студентов // Вестник психофизиологии, 2013. – № 2. – С. 34–40.

11. Комиссаров В.И., Масалева И.О. Особенности межполушарной асимметрии взаимоотношений ЭЭГ проекционных зон коры головного мозга в условиях предоперационного стресса // Асимметрия, 2012. – Т. 6, № 3. – С. 17–22.

### Об авторах

**Семилетова Вера Алексеевна** – доцент, к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО ВГМУ, Воронеж, Россия, 89042117295, кафедра нормальной физиологии, ВГМУ, улица Чайковского, 3А, Воронеж, 394036. Тел. +7 904 211 72 95, e-mail: vera2307@mail.ru.

**Дорохов Евгений Владимирович** – доцент, к.м.н., заведующий кафедрой нормальной физиологии, ФГБОУ ВО ВГМУ, Воронеж, Россия, 89042117295, кафедра нормальной физиологии, ВГМУ, улица Чайковского, 3А, Воронеж, 394036. Тел. 89102408246, e-mail: dorofov@mail.ru.

## **About authors**

**Vera Alekseevna Semiletova** – Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Voronezh, Russia, 89042117295, Department of Normal Physiology, Voronezh State Medical University, Chaikovskogo Street, 3A, Voronezh, 394036. Tel. 89042117295, e-mail: vera2307@mail.ru.

**Dorokhov Evgeny Vladimirovich** – Associate Professor, Ph.D., Head of the Department of Normal Physiology, Voronezh, Russia, 89042117295, Department of Normal Physiology, Voronezh State Medical University, Chaikovskogo Street, 3A, Voronezh, 394036. Tel. 89102408246, e-mail: dorofov@mail.ru.