

**МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ И ЦЕРЕБРАЛЬНЫЙ ЭНЕРГООБМЕН
У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
В СЕЗОНЫ С НАРУШЕННОЙ ФОТОПЕРИОДИКОЙ¹**

О.Н. Котцова* ORCID: [0000-0002-7004-6368](https://orcid.org/0000-0002-7004-6368)

Н.Ю. Аникина** ORCID: [0000-0002-8115-0291](https://orcid.org/0000-0002-8115-0291)

А.В. Грибанов*/** ORCID: [0000-0002-4714-6408](https://orcid.org/0000-0002-4714-6408)

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
(г. Архангельск)

**Северный государственный медицинский университет
(г. Архангельск)

Цель настоящего исследования – установить особенности изменений церебрального энергообмена у молодых людей, родившихся и постоянно проживающих в Арктической зоне Российской Федерации, имеющих различный тип полушарной асимметрии, в контрастные сезоны с нарушенной фотопериодикой (в декабре и июне) по данным распределения уровня постоянного потенциала головного мозга. Регистрация и анализ уровня постоянного потенциала проводились с помощью 5-канального аппаратно-программного диагностического комплекса «Нейро-КМ» путем картирования монополярных значений постоянного потенциала и расчета градиентов. Оценка полученных данных осуществлялась с учетом нормативных значений, встроенных в программное обеспечение диагностического комплекса. Установлено, что наиболее выраженные изменения энергообменных процессов происходят при максимальной интенсивности естественной освещенности у молодых людей с левополушарным типом доминирования. Так, у «левополушарных» лиц отмечено: нарастание интенсивности энергообменных процессов с увеличением длительности светового дня, нарушение принципа «куполообразности» распределения энергетических процессов головного мозга с активацией их во фронтальной и затылочной областях и преобладание работы центров зрительной и сенсорной чувствительности. В целом в летний период у обследуемых обеих групп структура взаимосвязей отделов головного мозга становится более жесткой по сравнению с зимним периодом, что может способствовать развитию дизадаптационных реакций, т. е. функциональная организация церебрального энергообмена претерпевает значительные изменения. Наименьшие перестройки энергообменных процессов отмечаются у лиц с правополушарным доминированием. Результаты факторного анализа

¹Исследование выполнено по научному проекту № 18-2019-02а областного конкурса «Молодые ученые Поморья».

Ответственный за переписку: Грибанов Анатолий Владимирович, *адрес:* 163000, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3; *e-mail:* a.gribanov@narfu.ru

Для цитирования: Котцова О.Н., Аникина Н.Ю., Грибанов А.В. Межполушарная асимметрия и церебральный энергообмен у молодых людей Арктической зоны Российской Федерации в сезоны с нарушенной фотопериодикой // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 1. С. 23–32. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.23

свидетельствуют об отсутствии существенного влияния различного уровня естественной освещенности в течение года на перераспределение энергообменных процессов по коре головного мозга у лиц с правополушарным доминированием.

Ключевые слова: Арктическая зона РФ, фотопериодизм, молодые люди трудоспособного возраста, уровень постоянного потенциала, церебральный энергетический обмен, межполушарная асимметрия.

Климатогеографические факторы Арктической зоны РФ оказывают негативное влияние на организм человека, особая роль среди них отводится световому режиму [1, 2]. Сезонная асимметрия естественной освещенности северных регионов особенно выражена в зимние и летние месяцы и может способствовать десинхронизации биологических ритмов у населения [3, 4]. Подобные условия вызывают напряжение всех функциональных систем организма и прежде всего центральной нервной системы [5], что, в свою очередь, ведет к интенсификации энергообменных процессов головного мозга, изменяя его энергетическое состояние и тип полушарного доминирования (межполушарной асимметрии) [6].

В настоящее время существует ряд методов визуализации церебральных биохимических процессов и оценки энергообмена головного мозга. Наиболее безопасным, доступным и высокоинформативным является метод исследования кислотно-щелочного равновесия в головном мозге [7] путем регистрации уровня постоянного потенциала (УПП) с компьютерной визуализацией параметров. Он позволяет оценить церебральный энергетический метаболизм и межполушарное взаимодействие. Для расчета межполушарной асимметрии церебральных энергообменных процессов наиболее информативен межполушарный градиент – разность потенциалов между правым и левым височными отведениями (Td-Ts).

Для жителей Арктической зоны РФ в большинстве своем характерна межполушарная асимметрия церебральных энергетических процессов с правополушарным доминированием [6]. Однако до сих пор отсутствуют данные

о церебральном энергообмене у молодых лиц с различным типом межполушарной асимметрии – жителей Арктической зоны РФ в контрастные сезоны при минимальной и максимальной естественной освещенности.

Исходя из вышеперечисленного, цель данной работы – установить особенности изменений церебрального энергообмена у молодых людей, родившихся и проживающих в Арктической зоне РФ, имеющих различный тип межполушарной асимметрии, в контрастные сезоны с нарушенной фотопериодикой (в декабре и июне) по данным распределения УПП головного мозга.

Материалы и методы. В исследовании приняло участие 47 человек обоего пола, родившихся и проживающих в условиях Арктической зоны РФ (г. Архангельск), с различным типом полушарного доминирования церебральных энергетических процессов. Средний возраст обследуемых – 30 лет. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

Исследование энергетического состояния головного мозга проводилось в декабре (среднемесячная долгота дня 4 ч 23 мин) и в июне (20 ч 57 мин) в одно и то же время суток, при максимальном физическом и психическом покое испытуемых, на 5-канальном аппаратно-программном комплексе «Нейро-КМ» («АСТЕК», Россия) по данным распределения УПП. Потенциалы регистрировались с помощью хлорсеребряных электродов ЕЕ-G2 (активные) и ЭВЛ-1М4 (референтный) монополярно по 5 отведениям. До наложения электродов на голову

обследуемого их предварительно тестировали в физиологическом растворе, при этом измеряли разность потенциалов и сопротивление между электродами при отсутствии биологического объекта; разность потенциалов между электродами не превышала 20 мВ, а межэлектродное сопротивление – 15–20 кОм; дрейф электродного потенциала был не более 1-2 мВ за 10 мин.

Активные электроды располагались по сагиттальной линии в лобной, центральной и затылочной областях (Fz, Cz, Oz), а также в правом и левом височных отделах (Td, Ts) по международной схеме 10-20. Референтный электрод располагался на запястье левой руки. Электроды накладывались на точки отведения контактными тампонами, смоченными гипертоническим (30 %-м) раствором NaCl, благодаря которому происходило снижение кожного сопротивления до 1-2 кОм, уменьшалась величина кожных потенциалов, а также блокировалась кожно-гальваническая реакция. Запись УПП начиналась через 5-6 мин после наложения электродов и велась непрерывно в течение всего исследования. При экспериментальном измерении, длительность которого составляла 15 мин, осуществлялся постоянный контроль значений кожного сопротивления в местах отведения УПП, которое не превышало 30 кОм.

Анализ распределения УПП проводился путем картирования монополярных значений постоянного потенциала (ПП) и расчета межэлектродной разности. Для оценки локальных значений УПП в каждом из отделов, исключая влияние референтного электрода, производился расчет отклонений УПП от среднего в каждом из отведений по всем областям коры головного мозга, рассчитывался межполушарный градиент (Td-Ts). Полученные данные оценивались с учетом нормативных значений, встроенных в программное обеспечение диагностического комплекса.

Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи пакета программ SPSS 20 для Windows. Вычислялась одномерная описательная статистика для каждого из по-

казателей, выполнялась оценка распределений признаков на нормальность. Распределения не соответствовали критериям нормальности, вследствие этого применялся непараметрический критерий Манна–Уитни. Результаты представлялись в виде медианы (*Me*) и нижнего, верхнего квартилей (*Q1*; *Q3*). Критический уровень значимости составил 0,05.

В связи с тем, что различия между показателями УПП у лиц мужского и женского пола были статистически незначимыми, анализ распределения УПП головного мозга у испытуемых проводился без разделения на группы в зависимости от пола. По результатам межполушарного градиента УПП (Td-Ts) испытуемые были разделены на группы по доминированию энергообменных процессов в полушариях головного мозга: «правополушарные» – с преобладанием процессов в правом полушарии (*n* = 25), «левополушарные» – с преобладанием процессов в левом полушарии (*n* = 22).

Результаты. Исследование выявило (табл. 1, см. с. 26), что в условиях минимального уровня естественного освещения (в зимний период) наибольшие энергозатраты регистрируются у лиц с правополушарным доминированием, причем максимальные значения УПП фиксируются в центральном и правом височном отведениях, наименьшие – в левом височном отделе. У лиц с левополушарным доминированием церебральных энергетических процессов наибольшая интенсификация энергообмена регистрируется в центральном и левом височном отведениях на фоне общего снижения энергозатрат коры головного мозга.

В период высокой интенсивности естественной освещенности наибольшие значения УПП регистрируются во фронтальной области у испытуемых обеих групп, причем наибольшие суммарные энергозатраты отмечаются у лиц с левополушарным доминированием.

Анализ отклонения УПП от среднего значения по всей коре также указывает на значительное падение УПП в височных отделах при максимальной интенсивности естественной освещенности у испытуемых обеих групп, с

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УПП В МОНОПОЛЯРНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ С РАЗНЫМ ТИПОМ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ, $Me (Q1; Q3)$, мВ

Показатель	Декабрь (N = 47)		Июнь (N = 47)	
	«Правополушарные» (n = 25)	«Левополушарные» (n = 22)	«Правополушарные» (n = 25)	«Левополушарные» (n = 22)
Fz	15,46 (5,4; 23,7)	7,90 (1,9; 14,4)	18,34 (10,1; 25,1)	21,52 (16,0; 26,1)
Cz	21,01 (13,2; 20,6)	15,91 (6,24; 25,7)	16,16 (3,9; 27,8)	21,04 (9,7; 29,2)
Oz	14,42 (7,2; 20,6)	10,84 (4,21; 20,3)	4,15 (-9,0; 18,4)*	18,97 (12,7; 4,1)
Td	17,62 (-6,6; 24,9)*	8,67 (1,2; 20,4)	-2,88 (-15,6; 0,3)	-10,88 (-30,0; 7,0)
Ts	10,13 (0,42; 17,6)	14,66 (5,5; 23,1)	11,46 (-27,8; 6,2)	-5,07 (-25,5; 15,0)
Xcp	15,72 (9,9; 22,1)	11,93 (3,8; 19,6)	4,87 (-6,3; 14,7)	9,11 (-2,3; 18,7)
Fz-Xcp	-0,27 (-7,07; 6,72)	-2,37 (5,3; 1,4)	13,48 (2,5; 25,7)	12,46 (4,5; 20,9)
Cz-Xcp	5,28 (-1,9; 10,9)	3,99 (-0,5; 9,3)	11,33 (7,3; 17,0)	11,92 (7,8; 16,0)
Oz-Xcp	-0,66 (-4,67; 3,3)	-1,09 (-3,4; 1,7)	-0,71 (-2,4; 6,3)*	9,82 (3,76; 18,2)
Td-Xcp	1,89 (-0,8; 5,6)*	-3,25 (-6,2; 1,0)	-7,74 (-12,5; -1,6)*	-20,00 (-28,0; -2,6)
Ts-Xcp	-5,60 (-9,91; 2,0)*	2,73 (-1,9; 5,2)	-16,15 (-2,4; -9,6)	-14,19 (-21,7; -2,8)

Примечание: * – установлены статистически значимые отличия между группами «правополушарных» и «левополушарных» ($p < 0,05$).

одновременным усилением энергообменных процессов в трех центральных отведениях.

Значения межэлектродных разностей потенциалов (табл. 2) указывают на смещение энергетического баланса во фронтальную область к летнему периоду у обследуемых обеих групп.

Зимой у северян максимальной разностью обладают межэлектродные показатели, связанные с центральным отведением (Cz-Oz, Cz-Td, Cz-Ts), а показатели разности, связанные с лобным отведением (Fz), имеют отрицательное значение, что указывает на преобладание энергообмена центральной области коры головного мозга и снижение энергозатрат во фронтальных отделах. Летом у обследуемых обеих групп межэлектродные разности, связанные с Fz, становятся положительными, что свидетельствует о преобладании энергообменных процессов во фронтальной области коры головного мозга.

Корреляционный анализ выявил следующие особенности энергетического состояния голов-

ного мозга у молодых людей трудоспособного возраста с разным типом полушарного доминирования церебральных энергетических процессов, постоянно проживающих в Арктической зоне РФ, в зимний и летний период. Так, в декабре количество значимых корреляций у «правополушарных» лиц составило 85 (40,5 % от общего числа возможных корреляций), из них количество коэффициентов корреляций высокой степени значимости ($r > 0,7$) – 27 (12,9 %); в июне количество значимых корреляций увеличилось до 108 (51,4 %), вместе с этим в два раза возросла и доля корреляций высокой степени значимости (25,7 %). У «левополушарных» лиц в декабре количество значимых корреляций составило 78 (37,1 % от общего числа возможных корреляций), из них количество коэффициентов корреляций высокой степени значимости ($r > 0,7$) – 23 (11,0 %); в июне количество значимых корреляций увеличилось до 116 (55,2 %), из них доля корреляций высокой степени значимости выросла в три раза (33,8 %).

Таблица 2

МЕЖЭЛЕКТРОДНЫЕ РАЗНОСТИ УПП У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ
С РАЗНЫМ ТИПОМ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ, Me ($Q1$; $Q3$), мВ

Показатель	Декабрь (N = 47)		Июнь (N = 47)	
	«Правополушарные» (n = 25)	«Левополушарные» (n = 22)	«Правополушарные» (n = 25)	«Левополушарные» (n = 22)
Td-Ts	7,49 (3,5; 9,1)*	-5,99 (-0,6; -8,7)	8,58 (1,8; 13,0)	-5,81 (-10,03; 2,02)
Fz-Cz	-5,55 (-15,5; 2,0)	-8,02 (-14,8; -0,5)	2,18 (-11,1; 13,08)	0,48 (-8,25; 19,6)*
Fz-Oz	1,04 (-7,1; 10,72)	-2,94 (-6,4; 2,1)	14,19 (-1,1; 20,3)*	2,55 (-6,1; 11,11)
Fz-Td	-2,16 (-9,4; 5,2)	-0,78 (-7,1; 5,9)	21,22 (7,9; 33,8)*	32,40 (14,98; 43,7)*
Fz-Ts	5,33 (-2,9; 15,9)	-6,76 (-14,6; 1,3)	29,80(14,6; 43,8)*	26,59 (8,3; 42,8)*
Cz-Oz	6,59 (1,2; 12,3)	5,08 (-2,0; 11,5)	12,01 (3,6; 16,2)	2,07 (-1,20; 6,59)
Cz-Td	33,39 (-2,6; 11,0)	7,24 (1,05; 15,6)	19,04 (12,3; 25,0)*	31,92 (18,9; 45,2)*
Cz-Ts	10,88 (-2,33; 11,50)	1,25 (-6,3; 9,7)	27,62 (19,41; 32,3)*	26,11 (14,99; 36,5)*
Oz-Td	-3,20 (-11,2; 8,59)	2,16 (-3,2; 6,3)	7,03 (-14,7; 19,0)*	29,85 (10,8; 37,7)*
Oz-Ts	4,29 (-0,5; 9,0)	-3,82 (-11,0; 3,6)	15,61 (6,5; 26,1)*	24,04 (10,8; 37,7)*

Примечание: * – установлены статистически значимые отличия между группами «правополушарных» и «левополушарных» ($p < 0,05$).

Факторный анализ с использованием варимакс-ротации также выявил различия церебрального энергетического метаболизма у обследуемых лиц с разным типом полушарного доминирования (табл. 3, см. с. 28). У лиц с правополушарным доминированием церебральных энергетических процессов факторные структуры распределения энергообмена по коре головного мозга практически одинаковы в зимний и летний период. Перестройка факторных структур регистрируется у лиц с левополушарным доминированием.

Обсуждение. Анализ монополярных значений УПП у молодых людей трудоспособного возраста, проживающих в Арктической зоне РФ, указывает на перестройки энергообменных процессов при смене интенсивности естественной освещенности: у лиц с правополушарным доминированием церебрального энергообмена в летний период по сравнению с зимним происходит снижение уровня потенциала в затылочном отведении; у лиц с левополушарным доминированием энергообмен-

ные процессы затылочной области, напротив, усиливаются.

В целом можно говорить о нарастании интенсивности энергообменных процессов с увеличением длительности светового дня у лиц с левополушарным доминированием. У северян с правополушарным доминированием, напротив, происходит снижение энергетического метаболизма в целом по коре головного мозга, что можно классифицировать как начальную стадию формирования дизадаптационных процессов [8, 9].

Одной из характеристик нормального энергообмена головного мозга является соблюдение принципа «купообразности» распределения УПП – плавное снижение УПП от центра к периферии [7]. В зимний период данный принцип имеет некоторый сдвиг соответственно в сторону правого полушария у лиц с правополушарным доминированием и в левую сторону у лиц с левополушарным доминированием. В летний период происходит нарушение принципа «купообразности» вследствие

Таблица 3

**МАТРИЦА ФАКТОРНЫХ НАГРУЗОК У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ
С РАЗНЫМ ТИПОМ ДОМИНИРОВАНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В СЕЗОНЫ С НАРУШЕННОЙ ФОТОПЕРИОДИКОЙ**

Показатель	Факторы у «правополушарных»						Факторы у «левополушарных»					
	в декабре			в июне			в декабре			в июне		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Td-Ts								0,783				
Xcp				-0,849								
Fz-Xcp	0,978			0,969					0,737		0,895	
Cz-Xcp			0,908			0,967	0,975					
Oz-Xcp		0,851			0,965			0,802		0,935		
Td-Xcp					-0,895					-0,865		
Ts-Xcp				-0,845				-0,813		-0,845		
Fz-Cz	0,833			0,891			-0,709				0,926	
Fz-Oz	0,807								0,846		0,967	
Fz-Td	0,934			0,846					0,959		0,729	
Fz-Ts	0,950			0,991					0,785		0,720	
Cz-Oz			0,735		-0,885		0,927					0,938
Cz-Td			0,772		0,702		0,958			0,888		
Cz-Ts			0,928			0,778	0,844			0,862		
Oz-Td		0,965			0,996					0,964		
Oz-Ts		0,872			0,838			0,961		0,956		

Примечания: 1. В таблице указаны факторные нагрузки не менее 0,7. 2. I, II, III – факторы 1-й, 2-й и 3-й степени значимости.

сдвига УПП во фронтальную область. Данный факт может указывать на нарушение энергообменных процессов у северян при увеличении светлого времени суток.

В период снижения уровня естественного освещения значения УПП у молодых северян во фронтальной и затылочной областях практически выравниваются с небольшим преобладанием энергообменных процессов в затылочной области. В летний период показатель Fz-Oz, как и все остальные межэлектродные разности, связанные с Fz, становится положительным, что указывает на активное доминирование энергообмена фронтальной области при высокой интен-

сивности естественного освещения у жителей Арктической зоны РФ.

Результаты корреляционного анализа свидетельствуют об уменьшении гибких рабочих звеньев мозговых систем в летний период у представителей обеих групп обследуемых, что сопровождается появлением большего числа корреляций высокой степени значимости по сравнению с зимним периодом.

Анализ факторных структур позволяет сделать вывод об отсутствии существенного влияния изменения уровня естественной освещенности в течение года на перераспределение энергообменных процессов по коре головного мозга у лиц с правополушарным

доминированием. Однако для северян с левополушарным доминированием нарушенная фотопериодика провоцирует перераспределение энергообменных процессов по коре головного мозга с активацией в летний период центров зрительной и сенсорной чувствительности [10, 11].

Таким образом, в сезоны с контрастной интенсивностью естественного освещения у молодых жителей Арктической зоны РФ меняется функциональная организация головного мозга. Происходит активация фронтальной коры с увеличением энергетического обеспечения ее нейронов [12]. Такие изменения характерны для адаптивных реакций [13, 14]. Результаты данного исследования еще раз подтверждают, что сезонный фотопериодизм является пусковым механизмом для перераспределения энергетических процессов в коре головного мозга при адаптации к уровню естественного

освещения [15]. УПП в височных отделах минимален и имеет отрицательные значения у обследуемых обеих групп в летний период, что может указывать как на снижение энергообменных процессов, так и на энергоистощение данных областей. В летний период происходит увеличение значимых корреляций, в основном за счет количества сильных связей, по сравнению с зимним периодом. С ростом интенсивности естественного освещения структура взаимосвязей отделов головного мозга становится более жесткой, что может свидетельствовать о включении центральных управляющих механизмов адаптации [16, 17].

Наиболее оптимальные перестройки энергообменных процессов отмечаются у лиц с правополушарным доминированием, о чем свидетельствуют как значения УПП в монополярных отведениях, так и результаты корреляционного и факторного анализа.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А., Коновалова Г.М., Ожсва Р.Ш., Уракова Т.Ю. Воздействие внешних факторов на формирование адаптационных реакций организма человека // Новые технологии. 2010. № 2. С. 142–144.
2. Грибанов А.В., Джос Ю.С., Багрецова Т.В., Бирюков И.С. Фотопериодизм и изменения биоэлектрической активности головного мозга у школьников Арктической зоны // Физиология человека. 2016. Т. 42, № 2. С. 16–26. DOI: 10.7868/S0131164616020065
3. Friberg O., Rosenvinge J.H., Wynn R., Gradisar M. Sleep Timing, Chronotype, Mood, and Behavior at an Arctic Latitude (69° N) // Sleep Med. 2014. Vol. 15, № 7. P. 798–807.
4. Arendt J. Biological Rhythms During Residence in Polar Regions // Chronobiol. Int. 2012. Vol. 29, № 4. P. 379–394.
5. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Избр. тр. Философские аспекты теории функциональных систем. М.: Наука, 1978. С. 49–106.
6. Грибанов А.В., Аникина Н.Ю., Гудков А.Б. Церебральный энергообмен как маркер адаптивных реакций человека в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2018. № 8. С. 32–40.
7. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. М.: Антидор, 2003. 288 с.
8. Кривошеиков С.Г., Леутин В.П., Диверт В.Э., Диверт Г.М., Платонов Я.Г., Ковтун Л.Т., Комлягина Т.Г., Мозолевская Н.В. Системные механизмы адаптации и компенсации // Бюл. Сиб. отд-ния РАМН. 2004. № 2(112). С. 148–153.
9. Devrim M., Demiralp T., Kurt A., Yücesir I. Slow Cortical Potential Shifts Modulate the Sensory Threshold in Human Visual System // Neurosci. Lett. 1999. Vol. 270, № 1. P. 17–20.
10. Павлов К.И., Каменская В.Г. Воздействие экологических факторов на спектральные характеристики динамической функциональной асимметрии мозга человека // Психология образования в поликультур. пространстве. 2014. № 27(3). С. 40–51.

11. Филиппов И.В., Кребс А.А., Пугачев К.С., Маслюков П.М., Зюзи Е.В. Сверхмедленная биоэлектрическая активность головного мозга человека при действии различных сенсорных стимулов // Сенсор. системы. 2013. Т. 27, № 3. С. 274–288.
12. Chrousos G.P. Stressor, Stress and Neuroendocrine Integration of the Adaptive Response. The 1997 Hans Selye Memorial Lecture // Ann. N.Y. Sci. 1998. Vol. 851. P. 311–335.
13. Фокин В.Ф. Динамическая функциональная асимметрия как отражение функциональных состояний // Асимметрия. 2007. Т. 1, № 1. С. 4–9.
14. Леутин В.П., Николаева Е.И., Фомина Е.В. Функциональная асимметрия мозга и незавершенная адаптация // Руководство по функциональной межполушарной асимметрии / под ред. В.Ф. Фокина, И.Н. Боголеповой, Б. Гутника, В.И. Кобрина, В.В. Шульговского. М.: Науч. мир, 2009. С. 429–457.
15. Eastman C.I., Young M.A., Fogg L.F., Liu L., Meaden P.M. Bright Light Treatment of Winter Depression: A Placebo-Controlled Trial // Arch. Gen. Psychiatry. 1998. № 10. P. 883–889.
16. Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН; СПб.: Политехника-сервис, 2009. 264 с.
17. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В. Психоэмоциональный стресс и метеореакция как системные проявления дизадаптации человека в условиях изменения климата на Севере России // Экология человека. 2012. № 8. С. 3–7.

References

1. Agadzhanian N.A., Konovalova G.M., Ozheva R.Sh., Urakova T.Yu. Vozdeystvie vneshnikh faktorov na formirovanie adaptatsionnykh reaktsiy organizma cheloveka [The Effect of External Factors on the Formation of Adaptive Reactions in Human Body]. *Novye tekhnologii*, 2010, no. 2, pp. 142–144.
2. Griбанov A.V., Dzhos Y.S., Bagretsova T.V., Biruykov I.S. Photoperiodism and Changes in Brain Bioelectric Activity in Schoolchildren in the Arctic Zone. *Hum. Physiol.*, 2016, vol. 42, no. 2, pp. 128–136. DOI: 10.1134/S0362119716020067
3. Friberg O., Rosenvinge J.H., Wynn R., Gradisar M. Sleep Timing, Chronotype, Mood, and Behavior at an Arctic Latitude (69° N). *Sleep Med.*, 2014, vol. 15, no. 7, pp. 798–807.
4. Arendt J. Biological Rhythms During Residence in Polar Regions. *Chronobiol. Int.*, 2012, vol. 29, no. 4, pp. 379–394.
5. Anokhin P.K. Printsipial'nye voprosy obshchey teorii funktsional'nykh sistem [Fundamental Questions of the General Theory of Functional Systems]. *Izbrannye trudy. Filosofskie aspekty teorii funktsional'nykh sistem* [Selected Works. Philosophical Aspects of the Theory of Functional Systems]. Moscow, 1978, pp. 49–106.
6. Griбанov A.V., Anikina N.Yu., Gudkov A.B. Terebral'nyy energoobmen kak marker adaptivnykh reaktsiy cheloveka v prirodno-klimaticheskikh usloviyakh Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii [Cerebral Energy Exchange as a Marker of Adaptive Human Reactions in Natural Climatic Conditions of the Arctic Zone of the Russian Federation]. *Ekologiya cheloveka*, 2018, no. 8, pp. 32–40.
7. Fokin V.F., Ponomareva N.V. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Energy Physiology of the Brain]. Moscow, 2003. 288 p.
8. Krivoshchekov S.G., Leutin V.P., Divert V.E., Divert G.M., Platonov Ya.G., Kovtun L.T., Komlyagina T.G., Mozolevskaya N.V. Sistemnye mekhanizmy adaptatsii i kompensatsii [System Mechanisms of Adaptation and Compensation]. *Byulleten' SO RAMN*, 2004, no. 2, pp. 148–153.
9. Devrim M., Demiralp T., Kurt A., Yücesir I. Slow Cortical Potential Shifts Modulate the Sensory Threshold in Human Visual System. *Neurosci. Lett.*, 1999, vol. 270, no. 1, pp. 17–20.
10. Pavlov K.I., Kamenskaya V.G. Vozdeystvie ekologicheskikh faktorov na spektral'nye kharakteristiki dinamicheskoy funktsional'noy asimetrii mozga cheloveka [The Influence of Ecological Factors on Spectral Characteristics of the Dynamic Encephalic Asymmetry]. *Psikhologiya obrazovaniya v polikul'turnom prostranstve*, 2014, no. 27, pp. 40–51.

11. Filippov I.V., Krebs A.A., Pugachev K.S., Maslyukov P.M., Zyuzi E.V. Sverkhmedlennaya bioelektricheskaya aktivnost' golovnogo mozga cheloveka pri deystvii razlichnykh sensorykh stimulov [Infraslow Bioelectrical Activity of the Human Brain During Exposure to Different Sensory Stimuli]. *Sensornye sistemy*, 2013, vol. 27, no. 3, pp. 274–288.
12. Chrousos G.P. Stressor, Stress and Neuroendocrine Integration of the Adaptive Response. The 1997 Hans Selye Memorial Lecture. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1998, vol. 851, pp. 311–335.
13. Fokin V.F. Dinamicheskaya funktsional'naya asimmetriya kak otrazhenie funktsional'nykh sostoyaniy [Dynamic Functional Asymmetry as a Reflection of Functional States]. *Asimmetriya*, 2007, vol. 1, no. 1, pp. 4–9.
14. Leutin V.P., Nikolaeva E.I., Fomina E.V. Funktsional'naya asimmetriya mozga i nezavershennaya adaptatsiya [Functional Brain Asymmetry and Incomplete Adaptation]. Fokin V.F., Bogolepova I.N., Gutnik B., Kobrin V.I., Shul'govskoy V.V. (eds.). *Rukovodstvo po funktsional'noy mezhpolutsharnoy asimmetrii* [A Guide to Functional Hemispheric Asymmetry]. Moscow, 2009, pp. 429–457.
15. Eastman C.I., Young M.A., Fogg L.F., Liu L., Meaden P.M. Bright Light Treatment of Winter Depression: A Placebo-Controlled Trial. *Arch. Gen. Psychiatry*, 1998, no. 10, pp. 883–889.
16. Boyko E.R. (ed.). *Problemy adaptatsii cheloveka k ekologicheskim i sotsial'nym usloviyam Severa* [Problems of Human Adaptation to the Ecological and Social Conditions of the North]. St. Petersburg 2009. 264 p.
17. Khasnulin V.I., Khasnulina A.V. Psikhoeemotsional'nyy stress i meteoreaktsiya kak sistemnye proyavleniya dizadaptatsii cheloveka v usloviyakh izmeneniya klimata na Severe Rossii [Psycho-Emotional Stress and Meteoreacton as Systemic Manifestations of Human Disadaptation Under Changing Climatic Conditions in the North of Russia]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 8, pp. 3–7.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.23

*Ol'ga N. Kottsova** ORCID: [0000-0002-7004-6368](https://orcid.org/0000-0002-7004-6368)
*Natal'ya Yu. Anikina*** ORCID: [0000-0002-8115-0291](https://orcid.org/0000-0002-8115-0291)
*Anatoliy V. Gribanov**/** ORCID: [0000-0002-4714-6408](https://orcid.org/0000-0002-4714-6408)

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russian Federation)

**Northern State Medical University
(Arkhangelsk, Russian Federation)

INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY AND CEREBRAL ENERGY METABOLISM IN YOUNG PEOPLE LIVING IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION DURING THE SEASONS WITH DISTURBED PHOTOPERIODS

This research aimed to establish the characteristics of changes in cerebral energy metabolism in young people born and living in the Arctic zone of the Russian Federation with different types of hemispheric asymmetry in contrasting seasons with disturbed photoperiods (in December and June) according to the distribution of DC potential level. DC potential level was recorded and analysed using the 12-channel Neuro-KM hardware and software complex by mapping the monopolar values of DC potential and calculating their gradients. The obtained results were compared with the average standard values. It was established that the most pronounced changes in energy exchange processes occur at maximum intensity of daylight in young people with left hemisphere dominance. In particular, their energy metabolism intensified with longer daylight hours and, instead of “domelike” distribution, energy

processes were activated in the frontal and occipital regions, with centres of visual and sensory sensitivity being predominant. On the whole, in the summer period, the structure of interconnections between the parts of the brain becomes more rigid, compared with the winter period, which can contribute to the development of maladaptive reactions, i.e. the functional organization of cerebral energy metabolism undergoes significant changes. The least restructuring of energy exchange processes was observed in persons with right hemisphere dominance. The results of the factor analysis indicate that differences in the levels of natural light during the year produce no effect on the redistribution of energy exchange processes over the cerebral cortex in people with right hemisphere dominance.

Keywords: *Arctic zone of the Russian Federation, photoperiodism, able-bodied population, DC potential level, cerebral energy exchange, interhemispheric asymmetry.*

Поступила 15.10.2019

Принята 20.12.2019

Received 15 October 2019

Accepted 20 December 2019

Corresponding author: Anatoliy Gribanov, *address:* proezd Badigina 3, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; *e-mail:* a.gribanov@narfu.ru

For citation: Kottsova O.N., Anikina N.Yu., Gribanov A.V. Interhemispheric Asymmetry and Cerebral Energy Metabolism in Young People Living in the Arctic Zone of the Russian Federation During the Seasons with Disturbed Photoperiods. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 23–32. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.23