

УДК [612.825.1:577.352.5]-053.5

## БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ-СЕВЕРЯН 9–10 ЛЕТ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СВЕТОВОГО ДНЯ

© 2014 г. Ю. С. Джос, А. В. Грибанов, Т. В. Багрецова

Институт медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

В последние десятилетия в России увеличивается число детей, имеющих функциональные отклонения, хронические заболевания, нарушения физического развития и снижение функциональных возможностей организма. Показатели состояния здоровья ухудшаются в процессе обучения в школе от младших классов к старшим. Кроме влияния различных социальных факторов условия Европейского Севера, в свою очередь, предъявляют растущему организму дополнительные требования, способствуя развитию дизадаптивных реакций [15, 18, 24, 27]. Сезонные изменения продолжительности светового дня относятся к особым, специфическим климатогеографическим условиям, характерным только для северных территорий [11, 27], которые влияют на основные функциональные системы [12, 13] и могут становиться причиной нарушения ведущих механизмов адаптации [1, 2, 4, 5, 16, 21, 22].

Возрастное развитие детей характеризуется значительными морфофункциональными перестройками всех органов и систем [7]. При этом генетическая программа предусматривает последовательность качественных и количественных изменений и определяет избирательное повышение чувствительности отдельных физиологических систем на различных этапах онтогенеза [8]. Так называемые сенситивные периоды развития характеризуются функциональным рассогласованием между структурными перестройками и функциональными возможностями, что не только требует коррекции регуляторных механизмов, но и делает организм весьма чувствительным к внешним воздействиям [25]. В онтогенетическом развитии центральной нервной системы (ЦНС) имеются этапы наиболее интенсивных перестроек, связанных с созреванием различных отделов мозга. В младшем школьном возрасте интенсивно развиваются функции больших полушарий головного мозга, усиливается аналитическая и синтетическая функции коры. Наибольшие структурно-функциональные перестройки нейронной организации мозга происходят в 9–10 лет, когда нейроны объединяются в ансамбли, формируется сложная система горизонтальных связей, обеспечивающая взаимодействие нейронов как в пределах одного ансамбля (короткие связи), так и между различными дистантно-удаленными корковыми областями и корково-подкорковыми структурами (длинные связи). Продолжается дифференцировка корковых нейронов, рост и разветвление нервных волокон, развитие нейроглиальных взаимодействий, формирование микроциркуляторного русла. Таким образом, формируется структурно-функциональная основа для осуществления интегративной деятельности мозга, являющейся основой когнитивной и психической деятельности человека [23].

Несмотря на то, что морфофункциональное развитие у детей на

В статье приводятся результаты исследования биоэлектрической активности головного мозга у детей младшего школьного возраста в периоды нарастающей, максимальной, убывающей и минимальной длительности светового дня. Представлена амплитудная и частотная динамика основных ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ), установлена их взаимосвязь с периодами естественной освещенности. Выявлено, что адаптивные перестройки биоэлектрической активности головного мозга происходят в контрастные периоды года. В период нарастающей длительности светового дня отмечено повышение активности всех ритмов ЭЭГ, в то время как в период убывающей его продолжительности характерно преобладание дельта- и тета-активности во всех областях мозга. Доказано, что выявленная динамика амплитудных и спектрально-частотных параметров ЭЭГ у школьников-северян 9–10 лет не обусловлена возрастными изменениями. Периоды максимальной и минимальной продолжительности светового дня можно считать более благоприятными для функционирования головного мозга и развития высших психических функций детей.

**Ключевые слова:** дети, Север, электроэнцефалография, периоды естественной освещенности

Севере происходит непрерывно в соответствии с генетической программой развития индивида и по общепринятым биологическим законам, фактический онтогенез осуществляется в прямой зависимости от условий среды [7]. При этом климатогеографические и биогеохимические факторы оказывают влияние на скорость морфофункционального созревания организма [17]. Немногочисленные исследования свидетельствуют, что условия Северо-Западного региона России оказывают специфическое воздействие на физическое и психофизиологическое возрастное развитие детей, проявляющееся в более поздних по сравнению со среднеевропейскими нормами темпах формирования морфофункциональной организации головного мозга [26]. По срокам это совпадает с данными о задержке формирования эндокринной и иммунной систем организма детей-северян [14] и более поздними сроками полового созревания [20].

Головной мозг является главным регулирующим и координирующим центром, обеспечивающим восприятие и анализ параметров внешней среды, поиск врожденных и приобретенных в процессе жизни оптимальных программ взаимодействия с окружающей средой [29–31]. От морфофункционального состояния мозга ребенка зависят не только его адаптация к окружающей среде, но и успешность обучения необходимым навыкам, взаимоотношения со сверстниками, успеваемость в школе. Вместе с тем особенности церебральных изменений при воздействии климатогеографических условий у детей и подростков Севера изучены недостаточно.

В свою очередь, широкое применение нашли абсолютно безвредные методы регистрации биоэлектрических потенциалов мозга с поверхности головы. Многоканальная регистрация таких потенциалов позволяет получить данные об особенностях деятельности мозга в целом и отдельных его структур [6, 9, 32].

С учетом этого целью нашей работы заключалась в изучении биоэлектрической активности головного мозга у младших школьников, проживающих на Европейском Севере России в зависимости от длительности естественной освещенности.

### Методы

Исследование биоэлектрической активности головного мозга проведено у 50 школьников 9–10 лет в динамике, четыре раза в год, в периоды нарастающей (март), максимальной (июнь), убывающей (сентябрь) и минимальной (декабрь) длительности светового дня. В исследовании принимали участие учащиеся младших классов общеобразовательных школ г. Архангельска, родившиеся и постоянно проживающие в условиях Севера. Обследуемых выбирали на добровольной основе. От всех школьников и их родителей было получено информированное согласие на участие в исследовании.

Для регистрации, обработки и анализа биоэлектрической активности головного мозга применялся

комплекс компьютерный многофункциональный «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» (ООО «Нейрософт», Иваново). Активные электроды накладывались в соответствии с международной схемой «10–20», монополярно в 16 стандартных отведениях — лобных (F<sub>P1</sub>, F<sub>P2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>7</sub>, F<sub>8</sub>), центральных (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>), височных (T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>), теменных (P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>), затылочных (O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>). Референтные электроды располагались на мочках ушей.

Оценку биоэлектрической активности головного мозга проводили в комфортной, привычной обстановке в период с 9 до 14 часов. Электроэнцефлограмму (ЭЭГ) регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами. При оценке ЭЭГ каждого испытуемого выделяли безартефактные отрезки записи, спектр анализировали по дельта- (1,6–4 Гц), тета- (4–7 Гц), альфа- (8–13 Гц), бета1- (13–20 Гц) и бета2- (20–34 Гц) диапазонам. В каждом частотном диапазоне оценивали максимальную амплитуду (мкВ), полную мощность (мкВ<sup>2</sup>) и доминирующую частоту ритма (Гц).

Результаты исследования анализировались с помощью статистического пакета SPSS 13.0 for Windows. Производилась оценка распределения признаков на нормальность с применением критерия Шапиро — Уилка. Для описательной статистики признаков использовали медиану (Me) и интервал значений от первого (Q<sub>1</sub>) до третьего (Q<sub>3</sub>) квартиля. Применяли непараметрические методы: тест Фридмана для сравнения зависимых выборок, критерий Вилкоксона для сравнения парных значений. За критический уровень статистической значимости принимался  $p \leq 0,01$ , так как попарно сравнивали четыре группы.

### Результаты

При сравнении максимальной амплитуды ритмов ЭЭГ в различные периоды естественной освещенности статистически значимые отличия у школьников были выявлены только по тета-, альфа- и бета1-ритму. Так, максимальная амплитуда тета-ритма преобладает в осенний период в лобной, височных и затылочной областях левого полушария, а также в теменной области правого полушария (табл. 1). Несмотря на отсутствие статистически значимых различий, необходимо отметить, что имеется тенденция повышения амплитуды низкочастотных дельта- и тета-ритмов в период увеличения и уменьшения продолжительности светового дня. Максимальная амплитуда альфа-ритма и бета1-ритма наиболее выражена в весенний период и преимущественно в лобно-теменно-височных областях правого полушария.

При анализе сезонных изменений полной мощности по тесту Фридмана были выявлены статистически значимые ( $p < 0,001$ ) отличия по всем ритмам ЭЭГ, кроме бета2-ритма. Для выявления уровня выраженности частотных характеристик ЭЭГ в конкретный период световой освещенности производили попарное сравнение выборок по критерию Вилкоксона.

Таблица 1

Изменения максимальной амплитуды (мкВ) ритмов у школьников-северян младшего возраста в зависимости от периодов естественной освещенности, Ме ( $Q_{1-3}$ )

Отведение	Весна	Лето	Осень	Зима	Уровень р между сезонами			
	1	2	3	4	1-2	2-3	3-4	1-4
Тета-ритм								
FP1	44 (37-55)	41 (34-49)	46 (42-51)	40 (35-50)	0,013	0,001	0,002	0,058
F3	44 (38-50)	41 (36-50)	47 (40-57)	42 (34-50)	0,156	0,004	0,002	0,109
P4	50 (43-62)	50 (44-59)	51 (43-63)	47 (40-55)	0,891	0,335	0,001	0,034
O1	52 (43-69)	56 (45-66)	55 (46-70)	48 (41-60)	0,688	0,523	0,001	0,012
F7	38 (30-45)	34 (29-43)	41 (34-49)	34 (29-41)	0,394	0,020	0,001	0,068
T3	38 (30-46)	35 (30-44)	42 (36-50)	35 (30-42)	0,330	0,003	0,001	0,090
T5	38 (32-51)	40 (33-48)	43 (39-53)	36 (31-45)	0,895	0,007	0,002	0,325
Альфа-ритм								
FP2	35 (29-43)	31 (29-38)	34 (30-39)	33 (26-38)	0,010	0,294	0,251	0,032
F8	35 (30-40)	34 (28-38)	30 (28-38)	30 (26-35)	0,065	0,387	0,198	0,001
T4	39 (34-45)	34 (29-38)	34 (30-42)	33 (27-41)	0,001	0,185	0,403	0,005
Бета1-ритм								
F4	28 (25-34)	28 (25-34)	28 (24-34)	27 (24-33)	0,914	0,497	0,015	0,010
C3	32 (26-37)	28 (26-32)	29 (27-34)	31 (25-35)	0,010	0,181	0,861	0,126
P4	33 (29-41)	33 (29-40)	32 (28-39)	31 (27-37)	0,378	0,262	0,253	0,010
F8	27 (23-32)	24 (20-33)	25 (21-31)	23 (20-30)	0,135	0,745	0,188	0,004
T4	28 (25-35)	25 (21-30)	25 (22-31)	24 (20-28)	0,001	0,309	0,039	<0,001
T6	31 (26-39)	26 (22-33)	30 (25-34)	24 (21-31)	0,003	0,199	0,012	<0,001

При оценке полной мощности дельта-ритма (рис. 1) выявлено её преобладание в период уменьшения длительности светового дня практически во всех областях головного мозга ( $p = 0,004$ ). В весенний период при сравнении с зимним характерно повышение полной мощности дельта-ритма в теменно-затылочной области левого полушария ( $p = 0,002$ ) и теменно-затылочной области правого полушария ( $p = 0,001$ ).

При оценке сезонной выраженности частотных характеристик тета-ритма (рис. 2) также выявлено преобладание полной мощности в осенний период во всех регистрируемых отведениях ЭЭГ ( $p = 0,002$ ) и в весенний период ( $p = 0,008$ ) при сравнении с зимним, за исключением центральных и височных областей левого полушария.

Нами выявлено повышение полной мощности альфа-ритма в период увеличения светового дня при сравнении с периодом минимальной длительности естественной освещенности, а также в периоде уменьшения светового дня в лобно-височных отделах головного мозга (табл. 2). При оценке сезонной динамики частотных характеристик бета1-ритма ЭЭГ отмечено повышение значений полной мощности данного ритма в весенний и осенний периоды преимущественно в теменно-височно-затылочных областях обоих полушарий (табл. 3).

Полученные результаты не могут быть обусловлены возрастной динамикой, поскольку при обычном нормальном развитии к концу младшего школьного возраста происходят существенные преобразования в коре больших полушарий и, как следствие этого, значительно изменяется характер ЭЭГ. Совершенствование ансамблевой организации нейронных сетей и развитие горизонтальных связей приводят к увеличению частоты основного ритма, распространению его

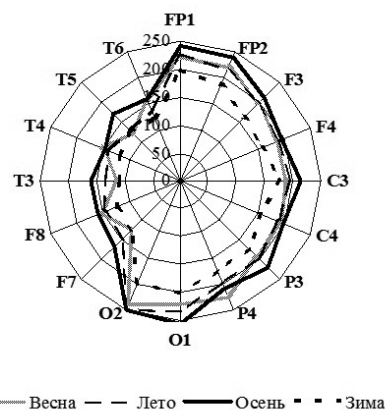


Рис. 1. Выявленность полной мощности дельта-ритма (мкВ<sup>2</sup>) в зависимости от периодов естественной освещенности

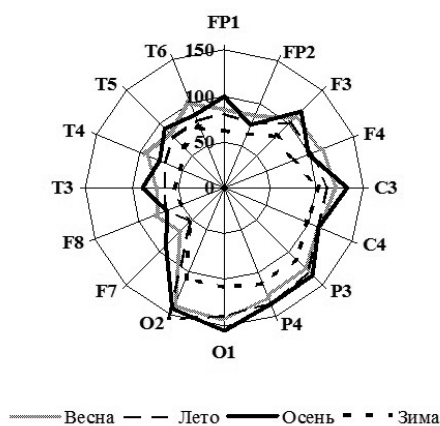


Рис. 2. Выявленность полной мощности тета-ритма (мкВ<sup>2</sup>) в зависимости от периодов естественной освещенности

Таблица 2

Изменения полной мощности альфа-ритма ( $\text{мкВ}^2$ ) у школьников-северян младшего возраста в зависимости от периодов естественной освещенности, Ме ( $Q_1-Q_3$ )

Отведение	Весна	Лето	Осень	Зима	Уровень р между сезонами			
	1	2	3	4	1-2	2-3	3-4	1-4
FP1	50,09 (40,22–64,93)	94,73 (35,80–65,31)	52,78 (38,24–67,80)	40,67 (30,75–55,90)	0,137	0,066	<0,001	0,001
FP2	51,87 (38,51–71,18)	45,17 (34,14–60,72)	45,56 (35,91–57,49)	43,08 (26,53–58,09)	0,001	0,912	0,045	<0,001
F3	63,37 (48,50–90,24)	63,33 (45,77–79,94)	65,73 (49,40–101,44)	57,50 (39,05–73,77)	0,193	0,032	<0,001	0,005
F4	70,07 (51,79–100,48)	64,98 (45,38–90,17)	62,70 (47,42–82,99)	57,55 (39,25–75,23)	0,005	0,787	0,005	<0,001
C3	93,19 (64,23–146,92)	85,77 (58,69–115,52)	88,89 (70,28–119,68)	79,03 (48,78–99,18)	0,022	0,496	0,009	0,001
C4	94,53 (69,51–132,77)	88,94 (57,01–114,70)	86,23 (59,90–116,50)	86,87 (46,19–104,58)	0,085	0,881	0,083	0,018
P3	143,98 (99,19–201,14)	125,74 (77,71–222,69)	122,59 (82,33–198,96)	109,55 (65,82–152,98)	0,395	0,175	0,102	0,043
P4	165,93 (117,00–263,04)	145,13 (75,66–223,40)	133,42 (87,72–203,41)	122,04 (71,19–195,87)	0,196	0,208	0,098	0,001
O1	216,17 (139,19–361,09)	286,59 (132,11–379,31)	217,17 (138,05–374,45)	199,24 (133,94–342,82)	0,325	0,194	0,637	0,773
O2	247,94 (157,26–430,78)	295,45 (160,02–403,60)	314,83 (183,61–497,52)	214,96 (134,86–365,79)	0,798	0,051	0,028	0,481
F7	46,50 (33,02–65,44)	43,67 (27,98–58,85)	56,045 (32,89–75,29)	38,67 (27,20–53,22)	0,442	0,002	<0,001	0,001
F8	55,16 (39,87–77,31)	43,04 (32,14–65,80)	45,21 (35,03–59,53)	36,98 (21,78–52,20)	<0,001	0,201	<0,001	<0,001
T3	51,16 (39,35–88,89)	46,11 (31,27–71,72)	61,48 (43,05–85,65)	46,29 (30,74–62,87)	0,055	0,001	0,001	0,006
T4	69,78 (51,79–104,28)	47,84 (36,52–78,04)	53,89 (41,75–76,65)	41,23 (29,31–66,96)	<0,001	0,119	0,002	<0,001
T5	62,45 (47,95–122,23)	55,17 (40,88–94,77)	70,45 (49,23–107,95)	58,08 (35,11–81,62)	0,218	0,007	0,044	0,126
T6	94,73 (63,71–140,01)	68,23 (41,94–113,75)	79,64 (49,40–120,06)	58,66 (37,25–95,01)	0,008	0,100	0,003	<0,001

Таблица 3

Изменения полной мощности бета1-ритма ( $\text{мкВ}^2$ ) у школьников-северян младшего возраста в зависимости от периодов естественной освещенности Ме ( $Q_1-Q_3$ )

Отведение	Весна	Лето	Осень	Зима	Уровень р между сезонами			
	1	2	3	4	1-2	2-3	3-4	1-4
FP1	20,15 (16,86–24,47)	17,70 (14,58–24,10)	19,19 (15,56–23,46)	17,27 (15,13–22,49)	0,093	0,152	0,052	0,168
FP2	18,33 (15,68–24,61)	17,64 (14,47–22,88)	17,37 (14,27–21,88)	17,02 (12,81–20,81)	0,138	0,472	0,201	0,005
F3	23,68 (18,38–29,00)	21,61 (16,25–29,54)	22,07 (18,52–26,58)	20,77 (17,01–24,65)	0,101	0,166	0,276	0,221
F4	22,45 (18,32–30,50)	20,66 (16,21–27,12)	21,79 (17,75–27,93)	19,10 (16,11–25,01)	0,082	0,271	0,052	0,014
C3	24,06 (20,19–31,24)	21,80 (15,91–30,29)	24,29 (18,63–28,91)	21,38 (17,76–25,83)	0,092	0,066	0,088	0,160
C4	22,62 (18,49–29,89)	20,77 (16,81–28,25)	22,01 (17,65–27,82)	20,19 (17,74–25,53)	0,075	0,288	0,120	0,096
P3	27,82 (20,78–32,94)	23,81 (17,70–31,94)	26,35 (19,73–31,27)	21,57 (18,22–27,46)	0,024	0,415	0,010	0,002
P4	26,47 (19,72–32,58)	24,60 (17,67–33,16)	25,07 (20,52–32,53)	21,01 (17,64–26,19)	0,027	0,178	0,002	0,002
O1	35,39 (25,59–43,28)	32,78 (24,03–42,99)	34,01 (25,48–49,90)	30,36 (22,73–35,24)	0,209	0,152	0,015	0,020
O2	33,95 (25,35–42,58)	32,16 (23,27–45,14)	36,99 (27,68–47,72)	27,66 (23,00–35,55)	0,678	0,044	<0,001	0,098
F7	17,95 (12,98–21,66)	16,38 (10,76–21,12)	17,39 (13,16–22,26)	14,72 (11,91–19,12)	0,482	0,006	0,013	0,423
F8	18,45 (14,97–23,74)	15,48 (11,86–21,22)	15,76 (13,72–22,70)	13,19 (10,97–19,04)	0,005	0,054	0,006	<0,001
T3	17,44 (13,13–23,34)	15,72 (11,97–19,63)	17,87 (13,16–22,58)	15,26 (12,68–17,28)	0,051	0,006	0,053	0,259
T4	19,30 (15,13–25,13)	15,40 (11,70–21,35)	16,39 (12,91–20,97)	13,91 (11,38–17,38)	<0,001	0,102	0,020	<0,001
T5	20,52 (13,33–25,27)	15,32 (12,64–24,50)	19,17 (13,30–23,52)	15,14 (12,52–22,28)	0,059	0,049	0,151	0,312
T6	20,85 (16,62–29,77)	17,51 (12,77–23,42)	20,69 (15,48–25,25)	15,01 (11,45–19,52)	0,002	0,058	0,002	<0,001

на передние отделы мозга. К 10 годам организация ритмической электрической активности альфа-диапазона затылочных областей в состоянии покоя должна приближаться к дефинитивному (взрослому) типу. Ведущая частота основного ритма ЭЭГ покоя должна смещаться в полосу 10–11 Гц. В группе обследуемых детей нами не отмечено значительного увеличения доминирующей частоты альфа-ритма и распространения его на передние отделы мозга, а также не выявлено статистически значимых отличий динамики альфа-ритма по сезонам (рис. 3). Кроме того, относительная мощность этого частотного диапазона должна достигать максимума в 10–11 лет, что также не характерно для исследуемой группы детей (см. табл. 3).

Развитие корково-подкорковых связей вносит существенный вклад в совершенствование паттерна ЭЭГ на этом возрастном этапе. В 9–10 лет происходит резкое уменьшение амплитуды и представленности

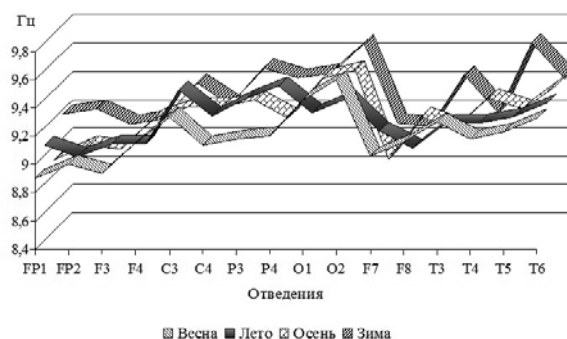


Рис. 3. Профиль доминирующей частоты альфа-ритма у школьников младшего возраста в различные сезоны.

медленноволновой генерализованной активности, что отражается на спектральных оценках в виде снижения мощности тета-колебаний, которое не отмечено у детей исследуемой группы. Следовательно, выявлен-

ная динамика амплитудных и спектрально-частотных параметров ЭЭГ у школьников-северян 9–10 лет не обусловлена возрастными изменениями.

### Обсуждение результатов

Выраженная сезонная асимметрия фотопериодизма северного региона, проявляющаяся длинным световым днем в весенне-летний период и короткой продолжительностью дня в осенне-зимний период приводит к изменениям функционального состояния ЦНС у детей младшего школьного возраста [3].

Весенний период года характеризуется повышением активности всех ритмов ЭЭГ. Доминирование максимальной амплитуды альфа- и бета1-ритмов в лобно-височных областях свидетельствует о функциональных изменениях биоэлектрической активности лимбического генеза. Лимбическая система играет существенную роль в формировании эмоций и инстинктивного поведения, участвует в регуляции сна и бодрствования, памяти и внимания. Клинически функциональные изменения со стороны лимбической системы проявляются снижением умственной и физической работоспособности, нарушением сна, эмоциональной нестабильностью, непредсказуемостью поведения. Данные изменения биоэлектрической активности мозга могут быть вызваны сенсорной (зрительной) стимуляцией [19] в результате увеличения продолжительности светового дня, что подтверждается нарастанием полной мощности бета1-ритма [10]. Увеличение бета-активности доказывает определенную степень раздражения (чрезмерного возбуждения) структур головного мозга в связи с перенапряжением работы функциональных систем, обеспечивающих процессы адаптации к увеличению продолжительности светового дня.

В период уменьшения продолжительности светового дня преобладание полной мощности дельта- и тета-ритмов во всех областях головного мозга свидетельствует об адаптивных перестройках ЦНС, происходящих через психоэмоциональное напряжение и развитие охранительного торможения, что проявляется снижением уровня активации головного мозга у школьников-северян. Преобладание максимальной амплитуды тета-ритма в лобных областях свидетельствует о наличии функциональных изменений биоэлектрической активности верхнестебельного генеза и может расцениваться как признак дисфункции фронтоталамической системы. Появление волн тетадиапазона с максимальной амплитудой в затылочных, теменных и задневисочных областях подтверждает функциональные изменения биоэлектрической активности нижнестебельного генеза. Такие изменения связаны со снижением активирующих влияний со стороны ретикулярной формации продолговатого мозга и моста. Данные изменения особенно неблагоприятно влияют на растущий организм. Необходимо подчеркнуть, что адаптивные перестройки со стороны ЦНС происходят в контрастные периоды года.

Возрастное развитие детей младшего школьного возраста происходит на фоне адаптации к комплексу суровых факторов Севера и характеризуется особыми темпами возрастного формирования биоэлектрической активности головного мозга, что проявляется низкой частотой (8–9 Гц) и недостаточной выраженностью альфа-ритма в затылочных и теменных областях коры больших полушарий, наличием более высокого уровня тета- и дельта-активности. Климатогеографические

условия Севера определяют возрастную специфику формирования биоэлектрической активности головного мозга. Фотопериодизм является наиболее значимым фактором в изменении темпов возрастного развития мозга, так как вынуждает ЦНС дважды в год адаптироваться к меняющимся условиям светового дня. По результатам наших исследований зимний и летний периоды можно считать более благоприятными для развития головного мозга и формирования познавательной деятельности детей младшего школьного возраста, проживающих в условиях Европейского Севера России.

Дальнейшие направления исследований будут заключаться в изучении возрастной динамики биоэлектрической активности головного мозга у школьников-северян и оценке темпов морфофункционального созревания ЦНС с учетом влияния климатогеографических факторов окружающей среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-04-98821 (2014-2015 гг.).

### Список литературы

1. Абубакарова О. Ю., Фатеева Н. М. Хронобиологический подход при изучении адаптации организма к условиям Крайнего Севера // Научные труды X международного конгресса «Здоровье и образование в XXI веке. Инновационные технологии в биологии и медицине». М.: РУДН, 2009. С. 80–81.
2. Агаджанян Н. А., Петрова П. Г. Человек в условиях Севера. М.: КРУК, 1996. 208 с.
3. Биологические ритмы. В 2 т. Т. 2 / пер. с англ.; под ред. Ю. Ашоффа. М.: Мир, 1984. 262 с.
4. Бундзен П. В. Влияние светового режима Антарктического континента на состояние авторегуляционных функций головного мозга человека // Физиологический журнал СССР. 1969. № 2. С. 929–939.
5. Бундзен П. В. Изменение функциональной организации нервных процессов в высших отделах головного мозга человека в период полярной ночи // Бюллетень советской антарктической экспедиции. 1969. Т. 74. С. 29–35.
6. Гнездицкий В. В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. М.: МЕДпресс-информ, 2004. 624 с.
7. Грибанов А. В., Волокитина Т. В. Здоровье и функциональное развитие школьников на Европейском Севере России // Вестник национального комитета «Интеллектуальные ресурсы России». 2006, № 4. С. 71–75.
8. Грибанов А. В., Данилова Р. И. Общая характеристика климатогеографических условий Русского Севера и адаптивных реакций человека в холодной климатической зоне (обзор) // Север. Дети. Школа: сб. науч. тр. / под ред. А. В. Грибанова. Архангельск: Изд-во Поморского педуниверситета, 1994. Вып. 1. С. 4–27.
9. Грибанов А. В., Кожевникова И. С., Джос Ю. С., Нехорошкова А. Н. Спонтанная и вызванная электрическая активность головного мозга при высоком уровне тревожности // Экология человека. 2013. № 1. С. 39–47.
10. Грибанов А. В., Джос Ю. С., Рысина Н. Н. Изменения параметров биоэлектрической активности головного мозга у школьников-северян 16–17 лет в различных условиях естественной освещенности // Экология человека. 2013. № 6. С. 42–48.
11. Гудков А. Б., Попова О. Н., Небученных А. А. Новосёлы на Европейском Севере. Физиолого-гигиенические аспекты: монография. Архангельск: Изд-во СГМУ, 2012. 285 с.
12. Гудков А. Б., Щербина Ю. Ф., Попова О. Н. Изменения лёгочных объёмов у жителей Крайнего Севера

в периоды полярного дня и полярной ночи // Экология человека. 2013. № 4. С. 3–7.

13. Гудков А. Б., Попова О. Н., Щербина Ю. Ф. Изменение проходимости дыхательных путей у жителей Крайнего Севера в контрастные сезоны года // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2013. № 1. С. 33–40.

14. Добродеева Л. К., Щеголева Л. С., Сенькова Л. В. Взаимосвязи в системе иммунитета // Медицинская иммунология. 2000. Т. 2, № 2. С. 127.

15. Еникиев А. В., Шумилов О. И., Касаткина Е. А. Сезонные изменения функционального состояния организма детей Кольского Заполярья // Экология человека. 2007. № 5. С. 23–28.

16. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1980. 191 с.

17. Кандрор И. С. Очерки по физиологии и гигиене человека на Крайнем Севере. М., 1968. 280 с.

18. Кочан Т. И., Шадрин В. Д., Потолицина Н. Н. Комплексная оценка влияния условий Севера на обмен веществ, физиологическое и психоэмоциональное состояние человека // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 3. С. 106–113.

19. Кропотков Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / пер. с англ. под ред. В. А. Пономарева. Донецк : Издатель Заславский А. Ю., 2010. 512 с.

20. Кубасов Р. В., Демин Д. Б., Тарасова Е. В., Ткачев А. В. Становление системы гипоталамуса – щитовидная железа – гонады в пубертатном периоде у мальчиков Архангельска // Российский физиологический журнал имени И. М. Сеченова. 2005. № 4. С. 400.

21. Меерсон Ф. З. Общий механизм адаптации и про-филактики. М. : Медицина, 1973. 350 с.

22. Платонов Я. Г., Кривошеиков С. Г., Шмерлинг П. М., Роуц Р. Особенности изменений электроэнцефалографических показателей при адаптации к холоду // Физиология человека. 1993. Т. 19, № 6. С. 156–157.

23. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д. А. Фарбер, М. М. Безруких. М. : Воронеж, 2009. 432 с.

24. Рапопорт Ж. Ж. Адаптация ребенка на Севере. Л. : Медицина, 1979. 191 с.

25. Сергеева Е. Г. Возрастные особенности функционального развития мозга у школьников, проживающих в условиях Европейского Севера : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2009. 21 с.

26. Сороко С. И., Бурых Э. А., Бекшаев С. С., Сидоренко Г. В., Сергеева Е. Г., Хованских А. Е., Кормилицын Б. Н., Моралев С. Н., Ягодина О. В., Добродеева Л. К., Максимова И. А., Протасова О. В. Особенности формирования системной деятельности головного мозга и вегетативных функций у детей в условиях Европейского Севера (Проблемная статья) // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2006. Т. 92, № 8. С. 905–929.

27. Хаснулин В. И., Хаснулина А. В. Психоэмоциональный стресс и метеороакция как системные проявления дизадаптации человека в условиях изменения климата на Севере России // Экология человека. 2012. № 8. С. 3–7.

28. Чащин В. П., Гудков А. Б., Попова О. Н., Одланд Ю. О., Ковшов А. А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. № 1. С. 3–12.

29. Peterson C. K., Harmon-Jones E. Circadian and seasonal variability of resting frontal EEG asymmetry // Biological Psychology. 2009. Vol. 80. P. 315–320.

30. Danesi M. A. Seasonal variations in the incidence of

photoparoxysmal response to stimulation among photosensitive epileptic patients: evidence from repeated EEG recordings // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. 1988. Vol. 51, N 6. P. 875–877.

31. Jamie R. Vello, Jennifer L. Stewarta, Brant P. Haslerc, David N. Towersd, John J. B. Allen. Should it matter when we record? Time of year and time of day as factors influencing frontal EEG asymmetry // Biological Psychology. 2012. Vol. 91. P. 283–291.

32. Ray W. EEG-alpha activity reflects attention demands and beta activity reflects emotional and cognitive processes / W. Ray, H. Cole // Science. 1985. Vol. 228. P. 750–752.

## References

1. Abubakarova O. Yu., Fateeva N. M. *Nauchnye Trudy X mezhdunarodnogo kongressa «Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke. Innovatsionnye tekhnologii v biologii i meditsine»* [Scientific Papers of X International Congress "Health and Education in the Twenty-first Century. Innovative Technologies in Biology and Medicine"]. Moscow, 2009, pp. 80–81.

2. Agadzhanian N. A., Petrova R. G. *Chelovek v usloviyakh Severa* [Human in conditions of the North]. Moscow, 1996, 208 p.

3. *Biologicheskie ritmi. V dvuh tomah.* [Biological Rhythms], per. s angl., ed. Yu. Ashoff. Moscow, 1984, vol. 2, 262 p.

4. Bundzen P. V. Photoperiod effect on the human brain autoregulation functions in the Antarctic continent. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR* [Physiological Journal of the USSR]. 1969, 2, pp. 929–939. [in Russian]

5. Bundzen P. V. Change of the functional organization of the nervous processes in the higher brain activities during the polar night. *Byulleten' sovetskoy antarkticheskoy ekspeditsii* [Bulletin of the Soviet Antarctic Expedition]. 1969, 74, pp. 29–35. [in Russian]

6. Gnezditskii V. V. *Obratnaya zadacha EEG i klinicheskaya elektroenzefalografiya* [EEG inverse task and clinical electroencephalography]. Moscow, 2004, 624 p.

7. Gribanov A. V., Volokitina T. V. Health and functional development of students in the European North of Russia. *Vestnik nazional'nogo komiteta "Intellektual'nie resursy Rossii"* [Bulletin of the National Committee "Intellectual Resources of Russia"]. 2006, 4, pp. 71–75. [in Russian]

8. Gribanov A. V., Danilova R. I. General characteristics of climatic and geographic conditions of the Russian North and adaptive human reactions in cold climatic zone (review). *Sever. Deti. Shkola. Sb. nauch. tr.* [North. Children. School. Collection of Scientific Papers]. ed. A. V. Gribanov. Arkhangelsk, 1994, iss. 1, pp. 4–27.

9. Gribanov A. V., Kozhevnikova I. S., Dzhos Yu. S., Nekhoroshkova A. N. Spontaneous and evoked electrical activity of the brain at high level of anxiety. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 1, pp. 39–47. [in Russian].

10. Gribanov A. V., Dzhos Yu. S., Rysina N. N. Changes of settings of brain bioelectrical activity in northern schoolchildren aged 16–17 years in different ambient light conditions. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 6, pp. 42–48. [in Russian].

11. Gudkov A. B., Popova O. N., Nebuchennyh A. A. *Novosely na Evropeyskom Severe. Fiziologo-gigienicheskie aspekty* [Settlers in the European North. Physiological and hygienic aspects]. Arkhangelsk, 2012. 285 p.

12. Gudkov A. B., Scherbina Yu. F., Popova O. N. Changes in lung volumes in Far North residents in polar day and polar night periods. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 4, pp. 3–7. [in Russian].

13. Gudkov A. B., Popova O. N., Scherbina Yu. F. Change of air way patency in Far North residents in different seasons of the year. *Vestnik Severnoro (Arkticheskogo) federalnogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki* [Bulletin of Northern (Arctic) Federal University]. 2013, 1, pp. 33-40. [in Russian].

14. Dobrodeeva L. K., Shegoleva L. S., Sen'kova L. V. Relationship in the immune system. *Medizinskaya immunologiya* [Medical Immunology]. 2000, 2 (2), pp. 127-129. [in Russian].

15. Enikiev A. V., Shumilov O. I., Kasatkina E. A. Seasonal changes in functional state of organisms of children in Kola Polar area. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2007, 5, pp. 23-28. [in Russian].

16. Kaznacheev V. P. *Sovremennye aspekty adaptatsii* [Modern Aspects of Adaptation]. Novosibirsk, 1980, 191 p. [in Russian].

17. Kandror I. S. *Ocherki po fiziologii i gigiene cheloveka na Krainem Severe* [Essays on Human Physiology and Hygiene in the Far North]. Moscow, 1968, 280 p.

18. Kochan T. I., Shadrina V. D., Potolitsina N. N. Integrated assessment of Northern conditions impact on metabolism, physiological and psycho-emotional state of a person. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2008, 34 (3), pp. 106-113. [in Russian].

19. Kropotov Yu. D. *Kolichestvennaya EEG, kognitivnye vyzvannie potentsiali mozga cheloveka i neiroterapiya* [Quantitative EEG, cognitive evoked potentials of the human brain and neurotherapy], perevod s angl. pod red. V. A. Ponomareva. Donezk, Izdatel' Zaslavskii A.Yu, 2010, 512 p.

20. Kubasov R. V., Demin D. B., Tarasova E. V., Tkachev A. V. Formation of the system pituitary - thyroid - gonads in boys during puberty living in Arkhangelsk. *Rossiiskii fiziologicheskii jurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaa akademiia nauk* [Russian Sechenov Physiological Journal / Russian Academy of Sciences]. 2005, 4, pp. 400. [in Russian]

21. Meerson F. Z. *Obshchii mekhanizm adaptatsii i profilaktiki* [The general mechanism of adaptation and prevention]. Moscow, 1973, 350 p.

22. Platonov Ya. G., Krivoshchekov S. G., Shmerling R. M., Rouch R. Characteristics of changes in EEG parameters in adaptation to cold. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1993, 19 (6), pp. 156-157. [in Russian].

23. *Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noi deyatel'nosti rebenka*. [The brain development and formation of child cognitive activity], eds. D. A. Farber, M. M. Bezrukih. Moscow, 2009, 432 p.

24. Rapoport Zh. Zh. *Adaptatsiya rebenka na Severe* [Adaptation of children in the North]. Leningrad, 1979, 191 p.

25. Sergeeva E. G. *Vozrastnye osobennosti funktsional'nogo razvitiya mozga u shkol'nikov, prozhivayushchikh v usloviyakh Evropeiskogo Severa (avtoref. kand. dis.)* [Age features of the brain functional development in schoolchildren living in the European North. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Saint Petersburg, 2009, 21 p.

26. Soroko S. I., Butykh E. A., Bekshaev S. S., Sidorenko G. V., Sergeeva E. G., Khovanskykh A. E., Kormilitsyn B. N., Moralev S. N., Yagodina O. V., Dobrodeeva L. K., Maximova I. A., Protasova O. V. Features of formation of the system of the brain activity and autonomic functions in children in the European North (Problem article). *Rossiiskii fiziologicheskii jurnal im. I. M. Sechenova*. [Russian Sechenov Physiological Journal]. 2006, 92 (8), pp. 905-929. [in Russian]

27. Khasnulin V. I., Khasnulina A. V. Psycho-emotional

stress and meteorereaction as systemic manifestations of human dysadaptation in climate change in the North of Russia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 8, pp. 3-7. [in Russian]

28. Chashchin V. P., Gudkov A. B., Popova O. N., Odland J. Ö., Kovshov A. A. Description of main health deterioration risk factors for population living on territories of active natural management in the Arctic. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014, 1, pp. 3-12. [in Russian].

29. Peterson C. K., Harmon-Jones E. Circadian and seasonal variability of resting frontal EEG asymmetry. *Biological Psychology*. 2009, 80, pp. 315-320.

30. Danesi M. A. Seasonal variations in the incidence of photoparoxysmal response to stimulation among photosensitive epileptic patients: evidence from repeated EEG recordings. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 1988, 51 (6), pp. 875-877.

31. Jamie R. Vello, Stewarta Jennifer L., Haslerc Brant P., Towersd David N., Allen John J.B. Should it matter when we record? Time of year and time of day as factors influencing frontal EEG asymmetry. *Biological Psychology*. 2012, 91, pp. 28-291.

32. Ray W., Cole H. EEG-alpha activity reflects attention demands and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*. 1985, 228, pp. 750-752.

## BRAIN BIOELECTRICAL ACTIVITY IN NORTHERN CHILDREN AGED 9-10 YEARS BY DIFFERENT DAY LENGTH

Yu. S. Dzhos, A.V. Gribanov, T. V. Bagretsova

*Institute of Medical and Biological Research of Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia*

In the article, there have been given results of a study of the brain bioelectrical activity in primary school children in periods of increasing, maximum, decreasing and minimum day length. Amplitude and frequency dynamics of basic EEG rhythms has been described, and their interrelation with periods of natural illumination has been determined. It has been detected that adaptive tuning of the brain bioelectrical activity occurred in contrasting seasons. During the period of increasing day length, increasing activity of all EEG rhythms was observed, while in the period of decreasing day length, delta- and theta- activity in all regions of the brain dominated. It has been proved that the detected dynamics of amplitude and spectral-frequency EEG parameters in the northern schoolchildren aged 9-10 years was not caused by age-related changes. Periods of maximum and minimum day length can be considered more favorable for the brain functioning and development of higher mental functions of children.

**Keywords:** children, North, electroencephalography, periods of natural illumination

### Контактная информация:

Джос Юлия Сергеевна — кандидат медицинских наук, доцент, зам. директора по научной работе Института медико-биологических исследований ФГОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства образования и науки Российской Федерации

Адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3  
E-mail: imbi@narfu.ru; u.jos@narfu