

УДК [612.816:612.843]-053.2(1-7):577.352.5

ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ШКОЛЬНИКОВ-СЕВЕРЯН 16–17 ЛЕТ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

© 2013 г. А. В. Грибанов, Ю. С. Джос, Н. Н. Рысина

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

Проведено исследование частотных характеристик электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у школьников старших классов в периоды нарастающей, максимальной, убывающей и минимальной длительности светового дня. В работе представлена динамика основных ритмов ЭЭГ, установлена их взаимосвязь с периодами естественной освещенности. Выявлено доминирование альфа- и дельта-активности в контрастные сезоны года, определены периоды, благоприятные для функционирования головного мозга и развития высших психических функций.

Ключевые слова: дети, север, электроэнцефалография, периоды естественной освещенности

Организм человека прочно связан с окружающей средой, являясь частью системы биосферы. Полноценное биологическое функционирование и реализация потенциальных возможностей организма осуществляется в прямой зависимости от условий среды, которые в одних случаях обеспечивают нормальное развитие, а в других ситуациях, напротив, могут затормозить, исказить ход «биологических часов» организма, вызвать в нем целый ряд сдвигов, вплоть до возникновения патологического состояния [2, 6, 9, 13, 19, 21]. Выраженная сезонная асимметрия фотопериодизма северного региона, особо демонстративная зимой и летом, может способствовать десинхронизации биологических ритмов [1]. Увеличение длительности светового дня первоначально оказывает возбуждающее действие на психоэмоциональную сферу человека, а затем может приводить к перевозбуждению и переутомлению [11]. Исследования ряда авторов подтверждают, что в периоды полярной ночи и полярного дня у молодых людей независимо от типа вегетативной регуляции наблюдается значительное повышение личностной и ситуативной тревожности, преобладание тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, повышение уровня адреналина и кортикостероидов в крови [3, 4, 5, 18], а также снижение активности и умственной работоспособности [23, 24]. Таким образом, длительное и непрерывное возбуждение переходит в состояние охранительного торможения [10]. В обоих случаях в большей или меньшей степени происходит нарушение суточной ритмики физиологических функций, общей длительности и структуры сна.

Несмотря на то, что большинство авторов наиболее неблагоприятным периодом в условиях Заполярья считают полярную ночь с развитием «синдрома полярного напряжения» — регионального варианта синдрома хронической усталости, описанного В. П. Казначеевым [8], имеются исследования, свидетельствующие о том, что снижение функционального состояния детского организма на Севере наблюдается в другие периоды. Так, сезонное учащение обострений хронической соматической патологии у детей приходится преимущественно на осенний и весенний периоды; показатели гемодинамики имеют наиболее контрастные значения весной (май) и осенью (октябрь), снижение иммунологической реактивности отмечается в апреле и октябре [17]. В эти же месяцы у детей в приполярных областях снижается адаптационный потенциал [15]. Таким образом, существуют значимые сезонные изменения функционального состояния детей школьного возраста, проживающих в условиях Севера. Наиболее неблагоприятными сезонами, по данным А. В. Еникиева [7], являются осень (октябрь — ноябрь) и весна (апрель).

Реакции организма, направленные на поддержание гомеостаза в условиях жизни на Севере, регулируются прежде всего центральной нервной системой (ЦНС). Регистрация биоэлектрической активности головного мозга широко применяется в качестве показателя реакции высшей нервной деятельности на различные воздействия. Спектральные компоненты суммарной электроэнцефалограммы (ЭЭГ) могут служить маркерами динамики состояний морфофункциональных систем мозга [12, 14, 16]. В литературе имеются указания на зависимость биоэлектрической активности мозга человека от сезонов года [25, 26].

Так как наибольшие нарушения привычной светопериодики отмечаются в полярных районах Земли, в литературе имеются данные об изменении состояния физиологических систем у полярников арктических и антарктических экспедиций, у моряков ледокольного флота и сотрудников полярных метеорологических станций. Так, исследования, выполненные во время годичной зимовки в Антарктиде, показали, что наибольшие перестройки анализаторных и регулирующих функций мозга, находящих свое отражение в изменении амплитудно-частотных и временных параметров ЭЭГ, возникают у зимовщиков в полярную ночь. Авторы отмечают сдвиг ЭЭГ в сторону более медленных частот, увеличение амплитуды альфа-ритма, а в начальный период адаптации к новым условиям — дизритмичность и усиление уровня активации мозга с дальнейшим его снижением [3, 4, 22].

Результаты обработки данных ЭЭГ полярников поставили перед исследователями ряд вопросов: является ли преобладание в ЭЭГ медленных частот признаком выраженности тормозных процессов в головном мозге? Каков характер адаптации головного мозга к новым условиям с учетом перехода к низкочастотным ритмам через альфа-ритм? С чем связана выраженная межполушарная асимметрия, а именно — значительная активация правого полушария по сравнению с левым? Как меняется ЭЭГ у женщин в тех же условиях, а также у детей и лиц других возрастов, проживающих на Севере?

Цель нашей работы заключалась в исследовании динамики амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ у старших школьников Северо-Арктического региона при изменении условий естественной освещенности.

Методы

Исследование биоэлектрической активности головного мозга проведено у 36 школьников обоих полов 16—17 лет в периоды нарастающей (март), максимальной (июнь), убывающей (сентябрь) и минимальной (декабрь) длительности светового дня. В исследовании принимали участие учащиеся старших 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 компьютерный многофункциональный комплекс «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» (ООО «Нейрософт», Иваново). Активные электроды накладывались в соответствии с международной схемой «10—20», монополярно в 16 стандартных отведениях — лобных (FP1, FP2, F3, F4, F7, F8), центральных (C3, C4), височных (T3, T4, T5, T6), теменных (P3, P4), затылочных (O1, O2). Референтные электроды располагались на мочках ушей.

Биоэлектрическую активность головного мозга оценивали в комфортной, привычной обстановке в период с 9 до 14 часов. Электроэнцефалограмму 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- (7—13 Гц), бета1- (13—20 Гц) и бета2- (20—34 Гц) диапазонам. Для количественной оценки спектра ЭЭГ в каждом частотном диапазоне проводили усредненную для каждого испытуемого оценку максимальной амплитуды (мкВ), индекса ритма (%), средних значений мощностей (мкВ²), доминирующих частот.

Результаты исследования анализировались с помощью статистического пакета SPSS 12.0 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 (Q1) до третьего (Q3) квартиля. Применяли непараметрические методы: тест Фридмана для сравнения зависимых выборок, критерия Вилкоксона — для сравнения парных значений. За критический уровень статистической значимости принимался $p < 0,05$. Для исследования структуры взаимосвязей изучаемых переменных использовали факторный анализ.

Результаты

При сравнении частотных характеристик ЭЭГ у школьников в различные периоды естественной освещенности статистически значимые отличия по тесту Фридмана были выявлены по средней мощности бета2-ритма ($p = 0,011$), доминирующей частоте альфа-ритма ($p = 0,09$) и индексу бета2-ритма ($p = 0,130$). Для выявления уровня выраженности частотных характеристик ЭЭГ в конкретный период световой освещенности производили попарное сравнение выборок по критерию Вилкоксона (таблица). В период увеличения светового дня при сравнении с периодом минимальной длительности естественной освещенности отмечено увеличение доминирующей частоты ($p < 0,001$) и индекса ($p = 0,004$) дельта-ритма при уменьшении средней мощности ($p = 0,003$) и индекса ($p = 0,014$) альфа-ритма, а также увеличение средней мощности бета2-ритма ($p = 0,044$).

Изменения основных частотных характеристик ЭЭГ школьников-северян в зависимости от периодов естественной освещенности
Me (Q_1-Q_3)

Параметр	Весна	Лето	Осень	Зима	Уровень p между сезонами			
	1	2	3	4	1-3	2-4	3-4	1-4
Максимальная амплитуда альфа-ритма	2,4 (1,6-3,6)	2,3 (1,7-4,0)	2,8 (1,5-4,4)	3,0 (1,8-4,1)	0,034	0,502	0,943	0,034
Максимальная амплитуда бета2-ритма	0,7 (0,5-0,8)	0,6 (0,5-0,7)	0,7 (0,5-0,8)	0,7 (0,6-0,8)	0,272	0,022	0,951	0,269
Средняя мощность дельта-ритма	7,0 (5,3-8,5)	6,7 (5,3-10,0)	7,3 (5,4-11,2)	5,7 (4,3-7,0)	0,751	0,064	0,023	0,147
Средняя мощность альфа-ритма	2,3 (1,3-4,0)	2,4 (1,2-4,6)	3,0 (1,2-5,7)	3,5 (1,7-5,4)	0,001	0,081	0,581	0,003
Средняя мощность бета2-ритма	0,2 (0,1-0,2)	0,1 (0,1-0,2)	0,2 (0,1-0,2)	0,2 (0,1-0,2)	0,131	0,001	0,442	0,044
Доминирующая частота дельта-ритма	0,9 (0,8-1,2)	0,9 (0,8-1,2)	0,9 (0,7-1,1)	0,9 (0,9-1,2)	0,096	0,068	0,011	<0,001
Доминирующая частота альфа-ритма	10,0 (9,3-10,3)	9,7 (9,2-10,3)	9,9 (9,5-10,5)	10,0 (9,6-10,6)	0,438	<0,001	0,681	0,147
Индекс дельта-ритма	44,9 (38,3-56,7)	48,0 (38,3-53,3)	41,5 (37,0-54,9)	39,8 (35,5-44,3)	0,340	0,004	0,004	0,004
Индекс тета-ритма	16,4 (14,0-18,0)	16,7 (13,1-19,2)	14,7 (11,7-17,3)	17,4 (14,0-20,5)	0,019	0,775	0,004	0,299
Индекс альфа-ритма	24,6 (15,6-32,3)	23,6 (17,9-34,2)	27,7 (15,8-38,4)	29,3 (20,9-36,2)	0,055	0,110	0,611	0,014
Индекс бета2-ритма	4,7 (2,9-6,2)	3,9 (2,8-5,3)	4,9 (3,3-6,4)	4,8 (3,9-8,2)	0,518	0,013	0,078	0,059

При оценке динамики частотных характеристик ЭЭГ в периоды увеличения длительности светового дня, максимальной длительности и уменьшения продолжительности естественной освещенности статистически значимых отличий не получено. В то время как в период минимальной длительности светового дня при сравнении с периодом уменьшения продолжительности естественной освещенности характерно снижение средней мощности ($p = 0,023$), доминирующей частоты ($p = 0,011$) и индекса ($p = 0,004$) дельта-ритма, а также нарастание индекса тета-ритма ($p = 0,004$).

Выявлены отличия частотных характеристик ЭЭГ и в контрастные периоды года. Так, для осеннего периода уменьшения светового дня при сравнении с весенним периодом увеличения продолжительности естественной освещенности характерны более высокие показатели максимальной амплитуды ($p = 0,034$) и средней мощности ($p = 0,001$) альфа-ритма и более низкие значения индекса тета-ритма ($p = 0,019$). Для зимнего периода, характеризующегося минимальной продолжительностью светового дня, при сравнении с летним периодом максимальной длительности естественной освещенности характерно увеличение максимальной амплитуды ($p = 0,022$), средней мощности ($p = 0,001$) и индекса ($p = 0,013$) бета2-ритма, а также увеличение доминирующей частоты альфа-ритма ($p < 0,001$) и снижение индекса дельта-ритма ($p = 0,004$).

Проведенный факторный анализ параметров спонтанной биоэлектрической активности головного мозга позволил выявить специфику структуры внутренних взаимосвязей в различных условиях естественной освещенности. При анализе учитывалась суммарная доля дисперсий каждого фактора. Критерий сферичности Бартлетта составлял $p < 0,05$ для каждой

представленной факторной модели, что свидетельствует о статистической значимости представленных результатов.

В период увеличения светового дня первый фактор дельта- и тета-активности представлен параметрами амплитуды и средней мощности дельта- и тета-ритмов (рис. 1.) Второй фактор связан с параметрами альфа-ритма, в то время как третий включает в себя характеристики бета1- и бета2-ритмов. Вклад каждого из факторов в общее значение дисперсии составил 29,68; 21,21 и 15,69 % соответственно.

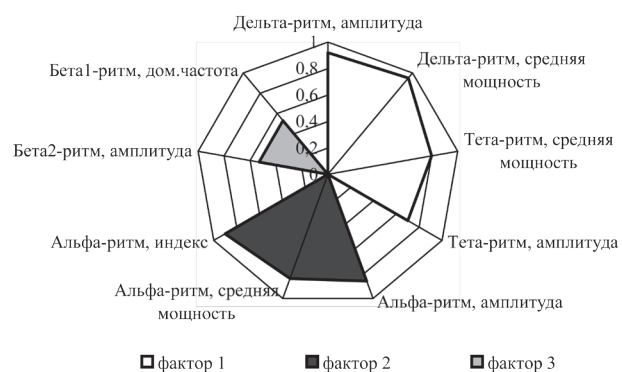


Рис. 1. Факторная структура показателей биоэлектрической активности головного мозга школьников-северян в период увеличения светового дня

В период максимальной продолжительности светового дня происходит изменение параметров факторной структуры биоэлектрической активности головного мозга (рис. 2). Так, первый фактор включает в себя характеристики амплитуды, средней мощности и индекса альфа-ритма, что составляет 31,10 % от общего значения дисперсии. Второй фактор представлен параметрами дельта-активности. Третий фактор собрал большинство компонентов высоко и низкочастотных

бета-ритмов. Вклад второго и третьего факторов составляет 18,94 и 14,67 %.

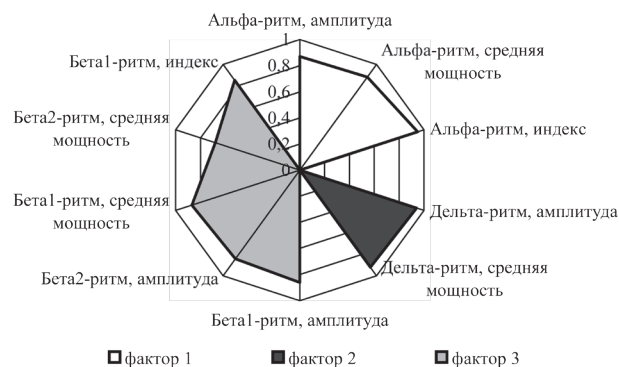


Рис. 2. Факторная структура показателей биоэлектрической активности головного мозга школьников-северян в период максимальной длительности светового дня

В период уменьшения светового дня факторная модель похожа на модель, представленную при увеличении продолжительности светового дня (рис. 3). Так, первый фактор представлен параметрами дельта-активности, второй — характеристиками альфа-ритма, в то время как третий включает показатели тета-активности (вклад первого фактора — 32,69 %, второго — 24,36 %, третьего — 14,50 %).

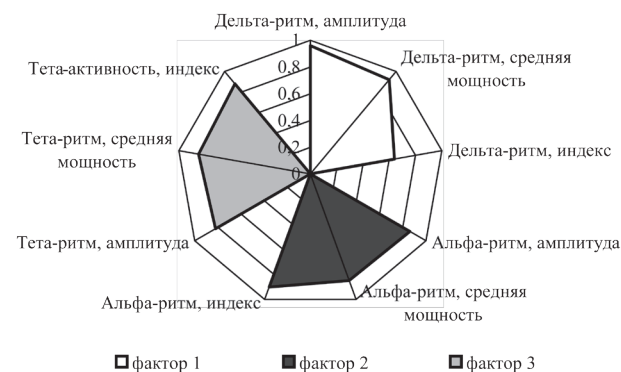


Рис. 3. Факторная структура показателей биоэлектрической активности головного мозга школьников-северян в период уменьшения светового дня

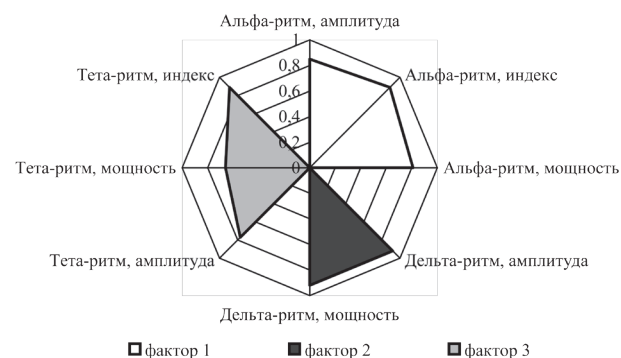


Рис. 4. Факторная структура показателей биоэлектрической активности головного мозга школьников-северян в период минимальной длительности светового дня

В период минимальной длительности светового дня наибольшее значение приобретают параметры альфа- и дельта-активности (первый и второй факторы соответственно), третий фактор представлен характеристиками тета-ритма (рис. 4). Три фактора объяснили 66,72 % общего значения дисперсии и составили 33,90; 20,95 и 11,88 % соответственно.

Обсуждение результатов

В период увеличения светового дня характерно повышение активности дельта- и тета-ритмов на фоне снижения активности альфа-ритма, что отражает физиологическое снижение уровня активации головного мозга, а также может свидетельствовать о диффузной церебральной дисфункции на фоне стресса или эмоциональной перегрузки. Данные изменения вызваны сенсорной (зрительной) стимуляцией в результате увеличения продолжительности светового дня, что подтверждается нарастанием средней мощности бета2-ритма. Увеличение бета-активности позволяет предположить определенную степень раздражения (чрезмерного возбуждения) структур головного мозга в связи с перенапряжением работы функциональных систем, обеспечивающих процессы адаптации к увеличению продолжительности светового дня. В ответ на сильные внешние раздражения развивается внутрикорковое торможение, что и проявляется снижением уровня функциональной активности мозга в состоянии бодрствования. Появление медленных дельта- и тета-ритмов связывают с подавлением импульсной активности нейронов вследствие гиперполяризации корковых нейронов. Механизмы генерации дельта-колебаний до конца не изучены. Известно, что они возникают при передаче импульсов таламическими нейронами к соответствующим корковым областям.

Период максимальной продолжительности естественной освещенности характеризуется значительной сенсорной стимуляцией организма, что проявляется продолжающимся увеличением бета1- и бета2-активности. При этом необходимо отметить, что в факторной структуре наибольшее влияние приобретает альфа-активность, что отражает преобладание у школьников-северян состояния спокойного бодрствования и обеспечивает необходимое пространственное взаимодействие различных мозговых структур. Это свидетельствует об успешной адаптации школьников к максимальной продолжительности светового дня.

Изменения факторной структуры в период уменьшения продолжительности светового дня в виде преобладания дельта-активности и возрастания влияния тета-активности свидетельствуют об адаптивных перестройках ЦНС, происходящих через психоэмоциональное напряжение и развитие охранительного торможения, что проявляется снижением уровня активации головного мозга у школьников-северян 16–17 лет. Необходимо отметить, что адаптивные

перестройки происходят в контрастные периоды года и протекают более благоприятно в период уменьшения естественной освещенности по сравнению с периодом увеличения светового дня. Данные изменения обусловлены более высокими характеристиками альфа-активности и низкими показателями тета-активности.

В период минимальной длительности светового дня происходит статистически значимое уменьшение дельта-активности, а также преобладание частотных характеристик альфа-ритма при повышении индекса тета-ритма. Мощность альфа-активности обратно пропорционально коррелирует с метаболической деятельностью в коре, что позволяет характеризовать альфа-ритм как ритм расслабления. На данном фоне тета-ритм приводит к умеренному эмоциональному напряжению, усилению ориентировочной реакции и увеличению концентрации внимания, более эффективному кодированию в памяти новой информации и переработке эмоциональной информации, а также к пробуждению индивидуального творчества и талантов [20]. Данный период, как и период максимальной продолжительности светового дня, можно считать более благоприятным для функционирования головного мозга и развития высших психических функций. Причем период минимальной естественной освещенности является самым благоприятным для школьников данного возраста вследствие преобладания частных характеристик бета2- и альфа-ритмов и снижения дельта-активности при сравнении с периодом максимального светового дня.

Таким образом, наличие медленночастотных ритмов ЭЭГ у школьников-северян 16–17 лет, особенно в периоды увеличения и уменьшения продолжительности светового дня, свидетельствует о том, что межцентральные отношения, обеспечивающие системную деятельность целостного мозга, у них неустойчивы, а структуры мозга, отвечающие за генерацию основной ритмики биоэлектрических процессов, окончательно не сформированы, между ними нет устойчивого динамического взаимодействия, что не позволяет достигать оптимального уровня восприятия информации из окружающей среды. Головной мозг школьников старшего возраста более разнообразно реагирует на внешние сигналы, однако сильная сенсорная стимуляция и сенсорная депривация в отдельные периоды года приводит к адаптивным перестройкам ЦНС, неустойчивости корково-подкорковых взаимоотношений, препятствует возможности длительного сосредоточения на определенных видах деятельности, затрудняет восприятие новой информации и может сопровождаться неадекватными эмоциональными и поведенческими реакциями. В то время как периоды максимальной и минимальной продолжительности светового дня можно считать более благоприятными для развития головного мозга и формирования познавательной деятельности.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ на 2013 г. Северному (Арктическому) федеральному университету имени М. В. Ломоносова № 4.5879.2011.

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. Бундзен П. В. Влияние светового режима Антарктического континента на состояние авторегуляционных функций головного мозга человека // Физиологический журнал СССР. 1969. № 2. С. 929–939.
4. 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.
5. Варенцова И. А., Чеснокова В. Н., Соколова Л. В. Сезонное изменение психоэмоционального состояния студентов с разным типом вегетативной регуляции сердечного ритма // Экология человека. 2011. № 2. С. 47–52.
6. Грибанов А. В., Данилова Р. И. Общая характеристика климато-географических 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.
7. Еникиев А. В., Шумилов О. И., Касаткина Е. А. Сезонные изменения функционального состояния организма детей Кольского Заполярья // Экология человека. 2007. № 5. С. 23–28.
8. Казначеев В. П., Куликов В. Ю. Синдром полярного напряжения и некоторые вопросы экологии человека в высоких широтах // Вестник АН СССР. 1980. № 1. С. 74–82.
9. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1980. 191 с.
10. Кандор И. С. Очерки по физиологии и гигиене человека на Крайнем Севере. М., 1968. 280 с.
11. Комплексная оценка влияния условий Севера на обмен веществ, физиологическое и психоэмоциональное состояние человека / Т. И. Кочан, В. Д. Шадрина, Н. Н. Потолицина и др. // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 3. С. 106–113.
12. Кривоногова Е. В., Поскотинова Л. В., Дёмин Д. Б. Эффективность функционального биоуправления вегетативными параметрами и биоэлектрическая активность головного мозга у подростков // Экология человека. 2009. № 12. С. 39–42.
13. Меерсон Ф. З. Общий механизм адаптации и профилактики. М. : Медицина, 1973. 350 с.
14. Особенности изменений электроэнцефалографических показателей при адаптации к холоду // Я. Г. Платонов, С. Г. Кривошеков, П. М. Шмерлинг, Р. Роуч // Физиология человека. 1993. Т. 19, № 6. С. 156–157.
15. Поборский А. Н., Пшенцова И. Л. Функциональное состояние кровообращения и некоторые показатели крови у детей в процессе адаптации к школе в условиях Севера // Педиатрия. 2000. № 4. С. 58–61.

16. Разумеев А. Н., Суворов П. Н. Изучение биоэлектрической активности некоторых отделов головного мозга при перегрузке // Проблемы космической биологии. 1964. Т. 3. С. 306–317.

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

18. Сафонов В. А. Влияние темноты на коленные рефлексы // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 5. С. 79–82.

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

20. Спонтанная и вызванная электрическая активность головного мозга при высоком уровне тревожности / А. В. Грибанов, И. С. Кожевникова, Ю. С. Джос, А. Н. Нехорошкова // Экология человека. 2013. № 1. С. 39–47.

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

22. Черепанов И. М. Влияние звуковых раздражений города на ЭЭГ полярников в условиях Антарктиды // Акклиматизация человека в условиях полярных районов. Л., 1969. С. 46–47.

23. Чеснокова В. Н. Амплитудно-фазовые особенности ритма ЧСС и АД у юношей в сезонной динамике в условиях северного региона // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2010. № 11. С. 20–29.

24. Чеснокова В. Н., Грибанов А. В. Изменения гемодинамики у студентов в условиях северного региона в течение учебного года // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1. URL: www/science-education.ru/101-5139 (дата обращения 28.03.2013).

25. Basar E., Schurmann M., Sakowitz O. The selectively distributed theta system: functions // Int. J. Psychophysiol. 2001. Vol. 39. P. 197–212.

26. 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.

References

1. Abubakarova O. Yu., Fateeva N. M. *Nauchnye trudy Kh 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. [in Russian]

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

3. Bundzen P. V. *Fiziologicheskiy zhurnal SSSR* [Physiological Journal of the USSR]. 1969, no. 2, pp. 929–939. [in Russian]

4. Bundzen P. V. *Byulleten' sovetskoy antarkticheskoy ekspeditsii* [Bulletin of the Soviet Antarctic Expedition]. 1969, vol. 74, pp. 29–35. [in Russian]

5. Varentsova I. A., Chesnokova V. N., Sokolova L. V. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, no. 2, pp. 47–52. [in Russian]

6. Griбанov A. V., Danilova R. I. *Sever. Deti. Shkola. Sb. nauch. tr.* [North. Children. School. Scientific works].

Ed. A. V. Griбанov. Arkhangelsk, 1994, iss. 1, pp. 4–27. [in Russian]

7. Enikiev A. V., Shumilov O. I., Kasatkina E. A. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2007, no. 5, pp. 23–28. [in Russian]

8. Kaznacheev V. P., Kulikov V. Yu. *Vestnik AN SSSR* [Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR]. 1980, no. 1, pp. 74–82. [in Russian]

9. Kaznacheev V. P. *Sovremennye aspekty adaptatsii* [Modern aspects of adaptation]. Novosibirsk, 1980, 191 p. [in Russian]

10. Kandor I. S. *Ocherki po fiziologii i gigiyene cheloveka na Krainem Severe* [Essays on human physiology and hygiene in the Far North]. Moscow, 1968, 280 p. [in Russian]

11. Kochan T. I., Shadrina V. D., Potolitsina N. N. i dr. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2008, vol. 34, no. 3, pp. 106–113. [in Russian]

12. Krivonogova E. V., Poskotinova L. V., Demin D. B. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2009, no. 12, pp. 39–42. [in Russian]

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

14. Platonov Ya. G., Krivoshechekov S. G., Shmerling P. M., Rouch R. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1993, vol. 19, no. 6, pp. 156–157. [in Russian]

15. Poborskiy A. N., Pshentsova I. L. *Pediatrica* [Pediatrics]. 2000, no. 4, pp. 58–61. [in Russian]

16. Razumeev A. N., Suvorov P. N. *Problemy kosmicheskoy biologii* [Problems of Space Biology]. 1964, vol. 3, pp. 306–317. [in Russian]

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

18. Safonov V. A. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2009, vol. 35, no. 5, pp. 79–82. [in Russian]

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

21. Griбанov A. V., Kozhevnikova I. S., Dzhos Yu. S., Nekhoroshkova A. N. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, no. 1, pp. 39–47. [in Russian]

22. Khasnulin V. I., Khasnulina A. V. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, no. 8, pp. 3–7. [in Russian]

23. Cherepanov I. M. *Akklimatizatsiya cheloveka v usloviyakh polyarnykh raionov* [Human acclimatization in polar regions]. Leningrad, 1969, pp. 46–47. [in Russian]

24. Chesnokova V. N. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [Urgent problems of humanities and natural sciences]. 2010, no. 11, pp. 20–29. [in Russian]

25. Chesnokova V. N., Griбанov A. V. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2012, no. 1. URL: www/science-education.ru/101-5139 (accessed 28.03.2013). [in Russian]

26. Basar E., Schurmann M., Sakowitz O. The selectively distributed theta system: functions. *Int. J. Psychophysiol.* 2001, vol. 39, pp. 197–212.

27. 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, no. 6, pp. 875–877.

CHANGES OF SETTINGS OF BRAIN BIOELECTRICAL ACTIVITY IN NORTHERN SCHOOLCHILDREN AGED 16-17 IN DIFFERENT AMBIENT LIGHT CONDITIONS**A. V. Gribanov, Yu. S. Dzhos, N. N. Rysina***Institute of Medical and Biological Research of Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia*

A study of frequency characteristics of electroencephalograms (EEG) in high school students during increasing, maximum, decreasing and minimum duration of daylight has been conducted. In the paper, dynamics of the main EEG rhythms has been presented, their relationship with periods of daylight has been established. There has been revealed

dominance of alpha and delta activity in contrasting seasons, periods favorable for the brain functioning and development of higher mental functions have been defined.

Keywords: children, north, electroencephalography, daylight

Контактная информация:

Джос Юлия Сергеевна — кандидат медицинских наук, доцент, зам. директора по научной работе центра коллективного пользования «Арктикмед» института медико-биологических исследований ФГОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Минобрнауки России

Адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3

E-mail: imbi@narfu.ru; u.jos@narfu