

## СООТНОШЕНИЕ ЭЭГ-ХАРАКТЕРИСТИК И ТИРЕОИДНОГО ПРОФИЛЯ ПОДРОСТКОВ ПРИПОЛЯРНЫХ И ЗАПОЛЯРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В.

*Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН, г. Архангельск*

*Институт медико-биологических исследований САФУ им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск*

### РЕЗЮМЕ

Рассматриваются особенности биоэлектрической активности мозга и тиреоидной системы у подростков, проживающих в приполярном и заполярном районах Севера. Выявлена повышенная активность подкорковых дисэнцефальных мозговых структур у подростков Заполярья. У подростков Приполярья происходит более интенсивная возрастная оптимизация нейродинамических процессов. Отмечены широтные различия в роли тиреоидных гормонов для возрастного становления биоэлектрической активности мозга.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** электроэнцефалография, тиреоидная система, подростки, Север.

### Введение

Изучение физиологических основ адаптации к специфическим природно-климатическим условиям Севера, особенностей морфофункционального развития детского организма и формирования адаптивных реакций на контрастные сезонные изменения климата остаются в ряду приоритетных задач не только профилактической медицины, но также экологической и возрастной физиологии. Климатические условия Севера в зависимости от географической широты колеблются от крайне суровых за Полярным кругом до среднеэкстремальных в приполярных районах [5]. Организм подростка, находящийся в процессе морфологического и функционального развития, в большей степени подвержен влиянию этих неблагоприятных климатических факторов [8]. 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 и адаптации к ней. Известно, что формирование структурно-функциональной организации мозга в постнатальном онтогенезе продолжается в течение длительного периода развития, включая не только подростковый, но

и юношеский возраст [9]. Эндокринная система также является важнейшим регуляторным звеном, поддерживающим гомеостаз [1, 4]. Тиреоидные гормоны принимают непосредственное участие в регуляции линейного роста подростка и дифференцировании (созревании) органов и систем. Развивающийся мозг у человека претерпевает заметную морфологическую реорганизацию под влиянием тиреоидных гормонов, которые усиливают экспрессию генов, кодирующих основной белок миелина, фактор роста нервов [10]. Гормоны щитовидной железы влияют на деление нейробластов, дифференцировку нейронов и глиальных клеток, образование синапсов, миелинизацию, модулируют активность норадренергических нейротрансмиттерных систем [7, 11].

Таким образом, очевидны теоретические предпосылки для изучения особенностей возрастного развития функциональной активности головного мозга в зависимости от тиреоидного профиля у подростков, проживающих на приполярных и заполярных территориях Европейского Севера.

### Материал и методы

В исследовании принимали участие 250 подростков обоих полов, родившихся и постоянно проживающих в районах разных географических широт и климатоэкологических условий Европейского Севера России. Возраст подростков составил 14–17 лет. В осенний период проводили исследования в районе

✉ Дёмин Денис Борисович, тел./факс (8182) 65-29-92; e-mail: denisdemin@mail.ru

приполярных широт – на севере Архангельской области (Приморский район – 64° 30' с.ш.) и в районе Крайнего Севера – в Ненецком автономном округе (Заполярный район – 67° 40' с.ш.). От всех подростков и их родителей было получено информированное согласие на участие в исследовании, одобренном биоэтическим комитетом Института физиологии природных адаптаций УрО РАН (г. Архангельск). Различий в социально-экономическом положении групп обследованных лиц не выявлено, все подростки – сельские жители. Предварительный анализ выборок не выявил выраженных половых различий изучаемых показателей, что позволило объединить данные лиц мужского и женского пола. В каждом районе обследования подростки были разделены на две возрастные группы – приполярную 14–15 лет (55 человек) и приполярную 16–17 лет (86 человек), а также заполярную 14–15 лет (58 человек) и заполярную 16–17 лет (51 человек); возрастное разделение подростков осуществляли с учетом статистического возраста обследованных.

Оценку биоэлектрической активности головного мозга проводили в комфортной, привычной для испытуемых обстановке в период с 9 до 14 часов. Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами на ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» (НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог) монополярно от 16 стандартных отведений с ушными референтными электродами, установленных по международной системе 10–20 в полосе 1–35 Гц. Для количественной оценки спектра ЭЭГ в каждом частотном диапазоне проводили усредненную для каждого испытуемого оценку максимальной амплитуды (мкВ), индекса (%), абсолютных значений мощностей (мкВ<sup>2</sup>), реакции усвоения ритмов фотостимуляции в диапазоне частот 4–22 Гц.

До проведения электрофизиологических исследований у подростков проводили забор крови. В сыворотке крови методом иммуноферментного анализа определяли уровни тиреотропного гормона (ТТГ),

гормонов щитовидной железы (общего тироксина (Т<sub>4</sub>), общего трийодтиронина (Т<sub>3</sub>)). Использовали диапазоны колебаний гормональных показателей для исследуемой возрастной группы согласно инструкциям к наборам: ТТГ – 0,28–6,82 мМЕ/л; Т<sub>4</sub> – 2,8–13,2 нг/мл; Т<sub>3</sub> – 0,19–2,18 нг/мл.

Статистическую обработку полученных результатов проводили непараметрическими методами с помощью компьютерного пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, США). Критический уровень значимости *p* при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05. При регрессионном анализе предикторами выступали эндокринные параметры, а зависимыми величинами – показатели ЭЭГ.

Данные представлены в виде среднего арифметического *M* и ошибки среднего *m*.

## Результаты и обсуждение

Как известно, тиреоидные гормоны обладают широким спектром действия. В детском и подростковом возрасте гормоны щитовидной железы отвечают за созревание высших структур головного мозга и интеллектуальный потенциал, физическое развитие и линейный рост, запуск и нормальное протекание полового созревания [1, 4, 10]. В системе тиреоидного звена эндокринной регуляции выявлены характерные возрастные изменения содержания гормонов и их широтные отличия (таблица).

Средние значения ТТГ и тиреоидных гормонов у всех обследованных лиц находились в пределах возрастных норм. Более высокие концентрации тиреотропина выявлены у подростков заполярного района, значимые широтные различия отмечены преимущественно в старшей возрастной группе (*p* < 0,05). Возрастные изменения трийодтиронина у обследованных подростков выражались в значимом повышении его концентрации в приполярной группе (*p* < 0,001) и возрастном снижении в группе заполярного района (*p* < 0,05).

**Изменение средних значений тиреотропина, тиреоидных гормонов, амплитуды и индекса основных частотных диапазонов ЭЭГ в различных возрастных группах подростков приполярного и заполярного северных районов (*M* ± *m*)**

Показатель	Группа			
	Приполярная		Заполярная	
	14–15 лет	16–17 лет	14–15 лет	16–17 лет
Тиреотропин, мМЕ/л	1,38 ± 0,51	1,30 ± 0,71	1,42 ± 0,64	1,63 ± 0,76 *
Трийодтиронин, нг/мл	1,24 ± 0,27	1,48 ± 0,32 ***	1,41 ± 0,28 **	1,28 ± 0,22 **, #
Тироксин, нг/мл	6,92 ± 1,19	4,59 ± 0,97 ***	8,07 ± 1,04 ***	7,69 ± 1,21 ***
Амплитуда тета, мкВ	49,6 ± 12,3	38,8 ± 14,3 ***	54,0 ± 15,1	47,9 ± 14,4 *
Индекс тета, %	24,9 ± 10,3	17,2 ± 8,8 ***	26,4 ± 10,2	22,6 ± 5,5 ***
Амплитуда альфа, мкВ	91,2 ± 21,4	75,4 ± 19,2 ***	95,4 ± 22,7	81,4 ± 16,0 #
Индекс альфа, %	71,9 ± 9,3	63,3 ± 14,8 **	69,7 ± 9,2	68,0 ± 10,8
Амплитуда бета-1, мкВ	31,7 ± 11,8	30,3 ± 9,0	29,4 ± 11,4	27,8 ± 10,7
Индекс бета-1, %	28,6 ± 8,8	34,5 ± 8,0 ***	28,3 ± 9,4	29,5 ± 10,4

Примечание. Статистически значимое отличие между возрастными группами соответствующего района: # –  $p < 0,05$ ; ## –  $p < 0,01$ ; ### –  $p < 0,001$ ; \* – между выборками приполярного и заполярного районов соответствующей возрастной группы.

Широтные различия в содержании  $T_3$  проявлялись в наименьших ( $p < 0,01$ ) его значениях у 14–15-летних подростков приполярного района и у 16–17-летних подростков заполярного района. Наименьшие концентрации тироксина отмечены у подростков приполярного района ( $p < 0,001$ ), причем с возрастом у этих подростков происходит еще более отчетливое снижение концентрации гормона ( $p < 0,001$ ). Видимо, усиленный рост организма подростка в этом возрасте требует повышенных концентраций трийодтиронина как главного активатора обменных процессов [10], а снижение тироксина связано с усиленной конверсией его в  $T_3$ .

В очагах зобной эндемии фоновой эндокринной патологией является субклинический гипотиреоз, популяционный уровень которого может достигать 30% [4]. В данном исследовании не выявлено отчетливых отклонений от заявленных нормативов в содержании гормонов гипофизарно-тиреоидной системы у обследованных подростков, хотя в предыдущих работах [2] показано, что территория приполярного района, несмотря на оптимальный йодный фон, может считаться зобно-эндемичным регионом. Определяющим фактором зобной эндемии в условиях йодобеспеченного района может быть воздействие на организм подростков природно-экологических стромогенов (избыток в окружающей среде токсичных тяжелых металлов: Cd, Pb, Fe, Al, Mn и др.).

Система тиреостата работает по принципу закона «обратной связи», поэтому уровень тиреотропина в крови достаточно точно отражает функциональное состояние щитовидной железы. Относительно более высокие уровни ТТГ, выявленные у подростков заполярного района, могут свидетельствовать о некотором снижении функциональной активности щитовидной железы, а относительно повышенные при этом концентрации тироксина, видимо, связаны с компенсацией йодного дефицита для поддержания гомеостаза и основного обмена. По данным некоторых исследований [8], зобная эндемия у подростков заполярного района носит спорадический характер, авторы говорят о своеобразном «феномене зоны тундры» – отсутствии зоба как клинически значимого, так и доклинических стадий (тиромегалии) при наличии умеренной йодной недостаточности.

Возрастная динамика функциональных параметров церебральной биоэлектрической активности обследованных подростков была сходной и выражалась в снижении их средних значений, исключение составил лишь бета-индекс, показатели которого несколько

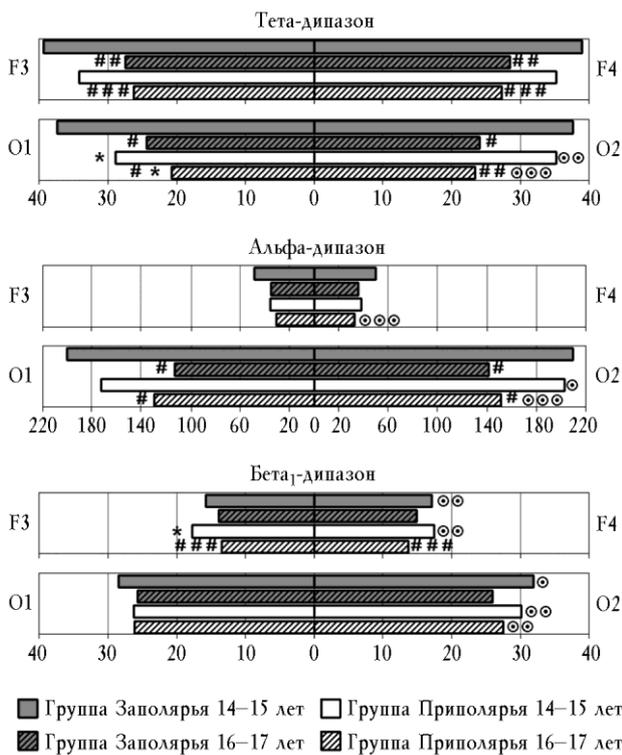
повысились с возрастом (см. таблицу). Наиболее отчетливые ( $p < 0,01–0,001$ ) возрастные изменения амплитуд и индексов рассматриваемых частотных диапазонов спектра ЭЭГ отмечены в группе подростков приполярного района, у подростков Заполярья значительно снижалась ( $p < 0,05$ ) лишь амплитуда альфа-активности, а остальные показатели мозговой активности изменялись на уровне тенденции. Широтные отличия проявлялись в более высоких значениях тета-активности преимущественно у подростков старшей возрастной группы ( $p < 0,001$ ) и относительно меньшей бета-активности в обеих возрастных группах заполярного района.

Картина изменения абсолютных значений мощности основных частотных диапазонов ЭЭГ в целом повторяет возрастную и широтную динамику средних значений амплитудно-частотных характеристик (рисунки). Подтверждается статистически значимое ( $p < 0,05–0,001$ ) возрастное снижение всех рассматриваемых видов биоэлектрической активности мозга подростков из обоих районов, а также повышение тета-составляющей спектра в обеих возрастных группах заполярного района ( $p < 0,05$ ). В большинстве случаев обращает на себя внимание наличие значимой ( $p < 0,05–0,001$ ) правосторонней асимметрии рассматриваемых частотных диапазонов у подростков из обоих районов. Мощность тета-ритма одинаково сильно распространена по всей конвексимальной поверхности мозга, в представленности альфа- и бета-активности сохранены зональные отличия.

При оценке реакции усвоения ритмов фотостимуляции с вариантами гармоник было отмечено, что количество усвоенных ритмов в тета- и бета-диапазонах (при сохранении собственной доминирующей частоты в альфа-диапазоне) у подростков заполярного района достигало 40–50%, что в 1,5–2 раза выше, чем у сверстников из приполярного района, этот факт может рассматриваться как признак компенсированной фотозависимой дисфункции заднеталамических ритмозадающих структур. Усвоение частот альфа-диапазона стимуляции у обследованных подростков в обоих районах было примерно одинаковым и достигало 85–90%. С возрастом у этих лиц происходило снижение количества усвоенных на 10–20% во всех диапазонах частот фотостимуляции.

Характерной особенностью нарушений ЭЭГ, выявленных при обследовании подростков заполярного района, было возникновение пароксизмальных форм активности с максимумом амплитуды основного ритма выше 90 мкВ за счет вспышек в теменно-

центрально-лобных областях головного мозга, а иногда и с условно-эпилептиформными знаками. Эти изменения отражают высокую степень активности (напряжения) регуляторных механизмов мозга, прежде всего лимбико-гипоталамического уровня, механизмам которого принадлежит ведущая роль в координации вегетативно-висцеральных функций, поддержании гомеостаза и формировании адаптационных реакций [3]. Нередко специфика и выраженность этих нарушений (усиление тета-активности, появление диффузных реакций усвоения ритмов фотостимуляции и редуцированных эпилептиформных комплексов) позволяет заподозрить определенную степень ирритации (чрезмерного возбуждения) структур лимбико-диэнцефального уровня, предположительно в связи с перенапряжением работы функциональных систем, обеспечивающих процессы адаптации к более суровым природно-климатическим условиям заполярного Севера и состоянию йодного дефицита.



Изменение абсолютных значений мощности (мкВ<sup>2</sup>) основных частотных диапазонов ЭЭГ в различных возрастных группах подростков приполярного и заполярного северных районов. F3, F4, O1, O2 – левые и правые лобные и затылочные отведения ЭЭГ. Статистически значимое отличие между возрастными группами соответствующего района: # –  $p < 0,05$ ; ## –  $p < 0,01$ ; ### –  $p < 0,001$ ; \* – между выборками приполярного и заполярного районов соответствующей возрастной группы; ○ – между показателями в симметричных отведениях слева и справа

Полученные результаты свидетельствуют о продолжающемся в течение периода обучения в школе

процессе формирования ЦНС у подростков. В организации биоэлектрической активности мозга школьников наиболее демонстративно снижение с возрастом активности в тета-диапазоне частот ЭЭГ и относительное повышение представленности потенциалов в бета-диапазоне. Эта динамика отражает процессы перехода от физиологически «незрелого» паттерна ЭЭГ в форме доминирования (или феномена полиритмии) тета-ритмов ЭЭГ к дефинитивному паттерну с постепенным доминированием альфа-ритма [9]. Судя по динамике возрастных изменений мощности этих частотных составляющих ЭЭГ, более высокими темпами морфофункционального созревания отличаются затылочные зоны коры мозга, наименьшими – лобно-центральные. Обращает на себя внимание также относительное преобладание изменений в правом полушарии головного мозга, что свидетельствует о наличии неравномерности темпов онтогенетической эволюции функций и гетерохронности формирования нейрофизиологических механизмов, определяющих возрастные особенности когнитивных процессов. Очевидно, что по темпам формирования ЭЭГ подростки приполярного района опережают сверстников из Заполярья, подобная разница в темпах «созревания» у подростков на различных широтах циркумполярного региона может быть обусловлена различиями в требованиях среды обитания к адаптивно-приспособительным механизмам центральной нервной системы.

При анализе корреляций параметров ЭЭГ и тиреоидного статуса наибольшее число связей в сравнении с другими группами выявлено у 14–15-летних подростков приполярного района. У них отмечены значимые связи уровня ТТГ с мощностью тета-активности в лобных отделах ( $r = -0,48$ ); связи тироксина с амплитудой ( $r = 0,45$ ) и мощностью альфа-активности в затылочных отведениях ( $r = 0,46$ ), а также бета-индексом ( $r = -0,50$ ). Регрессионные модели подтверждают зависимость биоэлектрической активности мозга от секреции тиреоидных гормонов.

$$\text{Амплитуда альфа} = 25,1 + 9,5 \cdot T_4$$

$$(R^2 = 0,17; p < 0,03).$$

$$\text{Мощность альфа } O_2 = -164,5 + 54,9 \cdot T_4$$

$$(R^2 = 0,19; p < 0,04).$$

$$\text{Бета-индекс} = 59,5 - 4,4 \cdot T_4$$

$$(R^2 = 0,19; p < 0,02).$$

У подростков заполярного района зависимость характеристик ЭЭГ от уровня тиреоидных гормонов проявляется лишь к 16–17 годам. Выявлены положительные связи тироксина с мощностью тета-активности в затылочных отведениях ( $r = 0,52$ ).

Известно, что в мозговой ткани происходят процессы дейодирования тироксина в активную форму – три-

йодтиронин, необходимый для активации дегидрогеназ и окислительных процессов в нейронах [10]. Тиреоидные гормоны оказывают также заметное влияние на электрофизиологические свойства мембранных систем клеток и, следовательно, на величину энергопродукции в нервной ткани [7], а достаточный уровень циркулирующего тироксина является решающим для нормального функционирования и созревания нервных клеток и развития нейрональных связей [11]. Полученные данные подтверждают значимость оптимальных уровней тиреоидных гормонов на завершающих этапах пубертата для возрастного становления биоэлектрической активности головного мозга (формированию амплитудно-частотных взаимоотношений – снижению тета-активности и повышению альфа- и бета-активности).

### Заключение

Таким образом, выявлена северная специфика возрастного формирования биоэлектрических процессов головного мозга подростков и реакций мозга на сенсорные сигналы. Отмечена более высокая активность подкорковых диэнцефальных мозговых структур у подростков Заполярья, возрастное «созревание» волновой структуры ЭЭГ проявляется у них в виде повышенного уровня тета-активности, особенно в лобных зонах, наличия диффузных реакций усвоения ритмов фотостимуляции и пароксизмальных форм активности. У подростков приполярного района происходит более интенсивная возрастная оптимизация нейродинамических процессов и формирование амплитудно-частотных взаимоотношений. Также отмечены широтные различия в роли тиреоидных гормонов на завершающих этапах пубертата для возрастного становления биоэлектрической активности головного мозга. Фоновое состояние тиреоидной системы определяет возрастное становление церебральной биоэлектрической активности, наибольшее влияние гормонов отмечено у 14–15-летних школьников

приполярного района, при этом с возрастанием концентрации тироксина в крови у данных лиц возрастает и степень реактивности ритмозадающих структур во всех рассматриваемых частотных диапазонах. У подростков Заполярья подобная зависимость проявляется в гораздо меньшей степени и лишь к 16–17 годам.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президиума УрО РАН № 12-У-4-1019.*

### Литература

1. Дедов И.И., Свириденко Н.Ю. Стратегия ликвидации йоддефицитных заболеваний в Российской Федерации // Проблемы эндокринологии. 2001. Т. 47, № 6. С. 3–12.
2. Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В. Возрастная динамика гормональных показателей у детей, проживающих на различных географических широтах Европейского Севера // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2008. Т. 94, № 1. С. 109–116.
3. Жирмунская Е.А., Лосев В.С. Системы описания и классификация электроэнцефалограмм человека. М.: Наука, 1984. 81 с.
4. Касаткина Э.П. Йоддефицитные заболевания у детей и подростков // Проблемы эндокринологии. 1997. Т. 43, № 3. С. 3–7.
5. Максимов А.Л. Роль медико-биологических и экологических факторов при формировании концепции районирования территории Российской Федерации // Экология человека. 2004. № 6. С. 35–42.
6. Прохоров Б.Б. Медико-экологическое районирование и региональный прогноз здоровья населения России. М.: МНЭПУ, 1996. 72 с.
7. Рачев Р.Р., Ещенко Н.Д. Тиреоидные гормоны и субклеточные структуры. М.: Медицина, 1975. 294 с.
8. Сибилева Е.Н., Зубов Л.А. Особенности зобной эндемии у детей и подростков в Ненецком автономном округе // Экология человека. 2011. № 7. С. 10–14.
9. Фарбер Д.А., Дубровинская Н.В. Функциональная организация развивающегося мозга (возрастные особенности и некоторые закономерности) // Физиология человека. 1991. Т. 17, № 5. С. 17–27.
10. Щеплягина Л.А., Макулова Н.Д., Маслова О.Н. Йод и интеллектуальное развитие ребенка // Рус. мед. журн. 2002. № 7. С. 358–363.
11. Pharoah P., Connolly K. Iodine and brain development // Developmental Medicine and Child Neurology. 1995. V. 38, № 1. P. 464–469.

Поступила в редакцию 04.06.2012 г.

Утверждена к печати 07.12.2012 г.

Дёмин Д.Б. (✉) – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории биоритмологии ИФПА УрО РАН; ст. науч. сотрудник ИМБИ САФУ им. М.В. Ломоносова (г. Архангельск).

Поскотинова Л.В. – д-р биол. наук, доцент, зав. лабораторией биоритмологии ИФПА УрО РАН; вед. науч. сотрудник ИМБИ САФУ им. М.В. Ломоносова (г. Архангельск).

Кривоногова Е.В. – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории биоритмологии ИФПА УрО РАН; ст. науч. сотрудник ИМБИ САФУ им. М.В. Ломоносова (г. Архангельск).

✉ Дёмин Денис Борисович, тел./факс (8182) 65-29-92; e-mail: denisdemin@mail.ru

## EEG CHARACTERISTICS AND THYROID PROFILE RATIO IN ADOLESCENTS OF SUBPOLAR AND POLAR EUROPEAN NORTH AREAS

**Demin D.B., Poskotinova L.V., Krivonogova Ye.V.**

*The Institute of Environmental Physiology, Russian Acad. Sci., Ural Branch, Arkhangelsk, Russian Federation  
Institute of Medical-Biological Research NArFU named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation*

### ABSTRACT

Features of brain bioelectric activity and thyroid system in adolescents living in Subpolar and Polar regions of the North are considered. Hyperactivity of subcortical diencephalic brain structures in adolescents of the Polar region is revealed. Adolescents of Subpolar region have more intensive age optimization of neurodynamic processes. There are noted latitude distinctions of thyroid hormones role for age formation of brain bioelectric activity in adolescents.

**KEY WORDS:** electroencephalography, thyroid system, adolescents, North.

*Bulletin of Siberian Medicine, 2013, vol. 12, no. 1, pp. 24–29*

### References

1. Dedov I.I., Sviridenko N.Ju. *Problems of Endocrinology*, 2001, vol. 47, no. 6, pp. 3–12 (in Russian).
2. Demin D.B., Poskotinova L.V. *Russian Journal of Physiology*, 2008, vol. 94, no. 1, pp. 109–116 (in Russian).
3. Zhirmunskaja E.A., Losev V.S. *A description and a classification of the human electroencephalogram*. Moscow, Nauka Publ., 1984. 81 p. (in Russian).
4. Kasatkina Je.P. *Problems of Endocrinology*, 1997, vol. 43, no. 3, pp. 3–7 (in Russian).
5. Maksimov A.L. *Human Ecology*, 2004, no. 6, pp. 35–42 (in Russian).
6. Prohorov B.B. *Medical-ecological zoning and regional forecasts of health in Russia*. Moscow, MNJePU Publ., 1996. 72 p. (in Russian).
7. Rachev R.R., Eshhenko N.D. *Thyroid hormones and subcellular structures*. Moscow, Medicine Publ., 1975. 294 p. (in Russian).
8. Sibileva E.N., Zubov L.A. *Human Ecology*, 2011, no. 7, pp. 10–14 (in Russian).
9. Farber D.A., Dubrovinskaja N.V. *Human Physiology*, 1991, vol. 17, no. 5, pp. 17–27 (in Russian).
10. Shhepljagina L.A., Makulova N.D., Maslova O.N. *Russian Medical Journal*, 2002, no. 7, pp. 358–363 (in Russian).
11. Pharoah P., Connolly K. Iodine and brain development. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 1995, vol. 38, no. 1, pp. 464–469.

**Demin D.B.** (✉), Biorhythmology Laboratory, Institute of Environmental Physiology, Russian Acad. Sci., Ural Branch; Institute of Medical-Biological Research NArFU named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation.

**Poskotinova L.V.**, Biorhythmology Laboratory, Institute of Environmental Physiology, Russian Acad. Sci., Ural Branch; Institute of Medical-Biological Research NArFU named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation.

**Krivonogova E.V.**, Biorhythmology Laboratory, Institute of Environmental Physiology, Russian Acad. Sci., Ural Branch; Institute of Medical-Biological Research NArFU named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation.

✉ **Demin Denis B.**, Phone/Fax: +7 8182 652992. E-mail: denisdemin@mail.ru