

УДК 57.042 : 612.821

## ПЕРЕСТРОЙКИ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕЗА ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

*Черный С.В.<sup>1</sup>, Моисеенко Е.В.<sup>2</sup>, Павленко В.Б.<sup>1</sup>, Семенюк В.П.<sup>2</sup>, Лисинчук В.В.<sup>2</sup>, Коваленко А.А.<sup>1</sup>,  
Мадяр С.-А. И.<sup>2</sup>, Ковалевская Е.Э.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,  
e-mail: neurolab@mail.ru*

<sup>2</sup>*Национальный антарктический научный центр МОН Украины, г. Киев*

Проведено исследование особенностей электрической активности головного мозга человека после годичной сенсорной депривации в экстремальных условиях Антарктики. В исследовании приняли участие кандидаты на участие в арктической экспедиции и зимовщики после возвращения из экспедиции на станцию Академик Вернадский.

Показано, что биоэлектрическая активность мозга человека после годичной сенсорной депривации в условиях Антарктики под влиянием эмоциональной стимуляции разной валентности демонстрирует депрессивность ответов с усилением мощности низкочастотного спектра на фоне генерализованной десинхронизации ритмов ЭЭГ. Дизрегуляторные процессы преобладали в проекциях зон коры мозга, имеющих отношение к регуляции психоэмоционального состояния человека.

**Ключевые слова:** адаптация, Антарктика, экспедиция, биоэлектрическая активность мозга, ЭЭГ.

### ВЕДЕНИЕ

Профессиональная деятельность в Антарктике связана с пребыванием человека в условиях изоляции малого коллектива, социальной и сексуальной депривации, необычной активности региональных природных факторов, что может приводить к различным расстройствам его психофизиологического статуса. Известно также, что изменение биологического ритма нормального функционирования систем организма человека при его деятельности в Антарктике негативно отражается не только на состоянии здоровья, но и на его трудоспособности. При этом в организме возникают нарушения на системном, органном, клеточном и молекулярном уровнях, которые способны модифицировать реакции функциональных систем на внешние и внутренние возмущающие влияния, либо провоцировать развитие, например, гипоксических состояний и психоэмоциональных расстройств [1 – 3].

Проблема изменений психоэмоционального состояния человека при длительной изоляции в условиях малого коллектива является актуальной для подавляющего большинства антарктических станций. Длительное влияние на человека антарктических экстремальных факторов приводит к формированию хронического стресса и психоэмоционального утомления с возможным последующим развитием дизрегуляторных и патологических процессов в организме. Такие нарушения сохраняются в послеекспедиционном периоде и могут осложнять процессы реадаптации. В развитии дизрегуляции и дезадаптации ключевую роль играют центральные механизмы. Это, прежде всего, касается состояния регуляторной функции центральной нервной системы и ее биоритмического баланса [3, 4].

Выяснение закономерностей и механизмов перестроек электрической активности мозга, а также психоэмоционального состояния человека после длительной сенсорной депривации, может прояснить сущность дезадаптационных расстройств и позволить подойти к решению проблем реабилитации. Поэтому целью исследования было выяснить особенности изменений биоритмической активности головного мозга человека после годичной сенсорной депривации в экстремальных условиях Антарктики.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях принимали участие 24 мужчины (возраст 35±4,6 лет). Из них 12 человек составляли отобранную по медицинским показаниям команду для участия в антарктической экспедиции и были обследованы накануне отправки в Антарктику (контрольная группа - кандидаты для участия в антарктической экспедиции, будущие зимовщики). Вторая группа (12 человек – участники

антарктической экспедиции) состояла из антарктических зимовщиков, которые были обследованы в начале реадaptации после возвращения из продолжительной экспедиции (13 месяцев) с антарктической станции «Академик Вернадский» (Украина).

Регистрация электроэнцефалограммы осуществлялась по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа, лабораторного интерфейса и компьютера. Рабочей программой была «EEG Mapping 3» (программист Е. Н. Зинченко). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно во фронтальных (F3, F4, F7, F8), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4), височных (T3, T4, T5, T6) и затылочных (O1, O2) зонах мозга согласно системе «10–20». Референтными служили объединенные вместе электроды за исключением электрода, используемого в каждом отведении. Частоты срезов фильтров высоких и низких частот составляли соответственно 1.5 и 35.0 Гц, частота оцифровки сигнала – 250 с<sup>-1</sup>. ЭЭГ-сигналы обрабатывали с помощью быстрого преобразования Фурье с использованием сглаживания по методу Блекмена. Эпохи анализа для быстрых преобразований Фурье составляли 2,56 с. Исследование включало регистрацию ЭЭГ при закрытых и открытых глазах, а также при визуально-эмоциональной стимуляции нейтральной, позитивной и негативной валентности согласно международной системе аффективных стимулов IAPS. Предъявлялось по 30 стимулов каждой валентности. Длительность каждого стимула составляла 1000 мс, межстимульный период составлял от 3000 до 4000 мс. Определяли усредненные значения СМ в следующих диапазонах:  $\theta$ -ритм (4–8 Гц),  $\alpha$ -ритм (8–13 Гц),  $\beta_1$ -ритм (16–20 Гц) и  $\beta_2$ -ритм (21–30 Гц). Анализировали средние значения мощности (мкВ/Гц) ритмических компонентов ЭЭГ при фоновой регистрации, а также во время регистрации ЭЭГ при открытых глазах и во время предъявления зрительных стимулов. Кроме того, рассчитывали коэффициент десинхронизации ЭЭГ относительно фоновых значений при проведении функциональных проб. Коэффициент десинхронизации анализируемых ритмов ЭЭГ для каждой из проб рассчитывали по формуле  $(A/B)*100\%$ , где А – показатели мощности ритмов ЭЭГ во время проведения функциональной пробы, В – значения мощности фоновой ЭЭГ. Данные обрабатывали с помощью стандартных методов вариационной статистики. Для анализа брались средние показатели мощности ЭЭГ (мкВ/Гц), а также стандартное отклонение средних значений.

Уровень статистической вероятности межгрупповых различий рассчитывали с помощью критерия однофакторного дисперсионного анализа ANOVA. Расчет данных проводили с помощью программы STATISTICA 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### **Характеристика церебральной ритмической электрической активности кандидатов и участников антарктической экспедиции в исходном состоянии**

Результаты анализа ритмической электрической активности (ЭЭГ) головного мозга участников антарктической экспедиции свидетельствовали о том, что даже при фоновой регистрации ЭЭГ (в состоянии покоя при закрытых глазах) количественная характеристика основных ритмов имела определенные групповые особенности. Для зимовщиков, возвратившихся из экспедиции, это проявлялось общим снижением показателей мощности основных ритмов ЭЭГ по сравнению с уровнем ритмической активности мозга будущих зимовщиков.

На рис. 1 продемонстрированы различия обследуемых групп зимовщиков по показателям уровней мощности ритмов ЭЭГ в топографическом аспекте. У прибывших из Антарктики зимовщиков в диапазоне  $\delta$ -ритма отмечалось снижение уровня его мощности, которое было статистически достоверным в проекциях медиальных лобных зон коры обоих полушарий (отведения F3, F4), а также в теменной (отведение P4) и задне-височной (отведение T6) областях правого полушария.

В диапазоне  $\theta$ -ритма достоверные различия в показателях уровня мощности наблюдались также в медиальных лобных областях коры обоих полушарий (отведения F3, F4), в задне-височной (отведение T6) области правого полушария и центральной области левого полушария (отведение C3).

Наиболее показательные различия между обследуемыми группами зимовщиков были зарегистрированы в уровнях мощности  $\alpha$ -ритма. Так, у возвратившихся из экспедиции зимовщиков уровни мощности  $\alpha$ -ритма были снижены во всех регистрируемых областях коры головного мозга со статистической достоверностью различий в центральных областях коры обоих полушарий (отведения C3, C4), медиальной (отведение F3) и латеральной (отведение F7) области лобной зоны коры левого полушария, а также в передне-височной области коры левого полушария (отведение T3) и задне-височной области коры правого полушария (отведение T6). В диапазоне  $\beta_1$ -ритма статистически достоверные различия наблюдались только в латеральной лобной области коры левого полушария (отведение F7) и задне-височной области коры правого полушария (отведение T6). В свою очередь,

ЭЭГ возвратившихся из экспедиции зимовщиков характеризовалась более низкими показателями уровня мощности в диапазоне  $\beta_2$ -ритма лишь в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6).

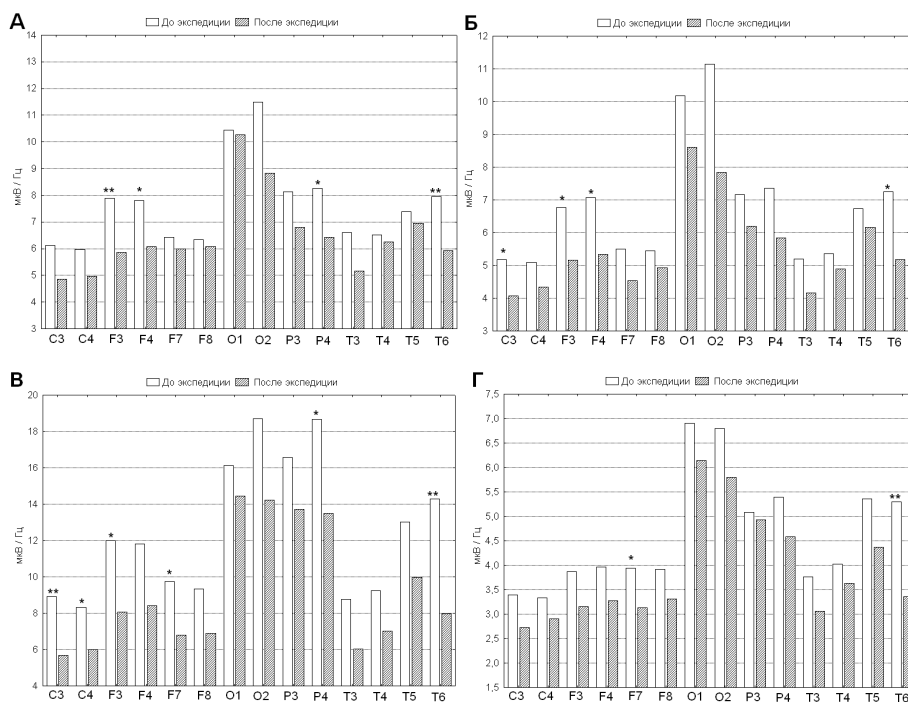


Рис.1. Сравнение уровней мощности ритмов ЭЭГ в различных зонах головного мозга кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков (в покое при закрытых глазах).

Примечание: По вертикали – отведения ЭЭГ, по горизонтали – уровень мощности ритмов (мкВ<sup>2</sup>/Гц) в каждом из отведений. Светлые столбцы – показатели группы 1, штрихованные – показатели группы 2. Буквами обозначены диаграммы уровней мощности следующих ритмов ЭЭГ: А –  $\delta$ -ритм, Б –  $\theta$ -ритм, В –  $\alpha$ -ритм, Г –  $\beta_1$ -ритм.

\* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$ , \*\*\* –  $p < 0,001$  - различия достоверны по критерию однофакторного дисперсионного анализа ANOVA.

Таким образом, у возвратившихся из экспедиции антарктических зимовщиков были зарегистрированы более низкие уровни мощности ритмов с наиболее значимыми различиями в спектре низко- и среднечастотных ритмов ЭЭГ, что может быть связано с особенностями функционального состояния системы неспецифической регуляции в ЦНС. При этом сниженные уровни мощности ритмов наблюдались практически во всех регистрируемых зонах головного мозга с наиболее четким проявлением в лобных, центральных и височных зонах коры мозга, что может быть результатом характерного взаимодействия активирующих систем. В частности, считается, что у лиц, находящихся в состоянии психоэмоционального напряжения, доминирует регуляторное влияние ретикулярной активирующей системы, а у лиц вне стрессового состояния – таламической [5]. Тесные структурные и функциональные взаимосвязи этих регуляторных неспецифических систем головного мозга при доминировании их активации не исключают характерных проявлений со стороны церебральной биоритмики. Для доминирования активации регуляторных влияний ретикулярной системы характерно широкомасштабное вовлечение зон коры больших полушарий, а для системы неспецифических ядер таламуса могут быть характерными усиленные влияния в отдельных участках коры [6]. Подобные проявления регуляторных влияний могут зависеть и от воспроизведения субъективного опыта эмоциональных переживаний [7]. Кроме того, схожие изменения, связанные с негативным психоэмоциональным состоянием, могут быть опосредованы функциональным усилением активности стриатума и базальных ганглиев на фоне снижения активности системы нисходящего контроля [8]. Примером, подтверждающим связи фронтальных областей коры с контролем эмоционального поведения, может служить изменение психоэмоциональной сферы при органических процессах этих областей коры [9]. Это может быть проявлением гипоксии [10] либо дисфункции метаболических процессов в ЦНС [11].

## Характеристика ритмической электрической активности кандидатов и участников антарктической экспедиции во время регистрации ЭЭГ при открытых глазах

Активация коры головного мозга стимуляцией зрительного анализатора при открытых глазах характеризовалась более низкими уровнями мощности ритмов ЭЭГ у антарктических зимовщиков, по сравнению с аналогичными показателями зарегистрированными у кандидатов в экспедицию (рис. 2).

Однако межгрупповые различия уровней мощности ритмов ЭЭГ были статистически достоверными далеко не во всех зонах головного мозга. Так, например, в диапазоне мощности  $\delta$ -ритма статистически значимые различия наблюдались лишь в медиальной лобной области коры правого полушария (отведение F4), а в диапазоне  $\alpha$ -ритма – в центральной области коры правого полушария (отведение C3). При этом межгрупповые особенности уровня мощности  $\beta_1$ -ритма характеризовались более низкими показателями во всех отведениях ЭЭГ у антарктических зимовщиков. Статистически достоверные различия отмечались в центральных зонах коры обоих полушарий (отведения C3, C4), медиальных лобных (отведения F3, F4), теменных (отведения P3, P4), а также в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6) и затылочной области коры левого полушария (отведение O1). В частотных диапазонах  $\theta$ - и  $\beta_2$ - ритмов различия были слабо выражены, неоднозначны и не имели статистической достоверности.

Таким образом, после экспедиции антарктических зимовщиков простая зрительная стимуляция сопровождалась более низкими уровнями мощности  $\beta_1$ -ритма, по сравнению с показателями контрольной группы, что может свидетельствовать о возможном включении механизмов ограничивающих активацию нейронных цепей коры головного мозга [12]. Такое снижение уровня активации коры головного мозга зимовщиков может быть связано с дизрегуляторными процессами в ЦНС, развитием депрессивности, хронической психоэмоциональной усталости, может опосредоваться функциональными особенностями внимания к экстероцептивным стимулам [13]. Как известно, усиление мощности бета1-ритма связано с усилением активации ретикулярной формации ствола мозга [14] и снижением порога активации релейных нейронов таламуса с обеспечением избирательного притока информации к соответствующим областям коры в ситуации усиления процессов внимания [13]. Процессы активации внимания, сопровождающиеся усилением мощности бета1-ритма, могут быть также связаны с интенсивностью кровотока в лобных и височно-теменных зонах коры [15]. Таким образом, у антарктических зимовщиков возрастание уровня активации головного мозга при экстероцептивной стимуляции зрительного анализатора, не несущей объективно значимой информации, характеризуется гипореактивностью церебрального электрогенеза с вероятным угнетением характеристик внимания, что может быть связано с повышением чувствительности механизмов активации ретикулярной формации. Параллельно выполненное тестирование возвратившихся из экспедиции зимовщиков свидетельствовало о наличии у них признаков хронического утомления, депрессивности, повышенной тревожности, что наблюдалось и в ранее проведенных исследованиях [2, 16].

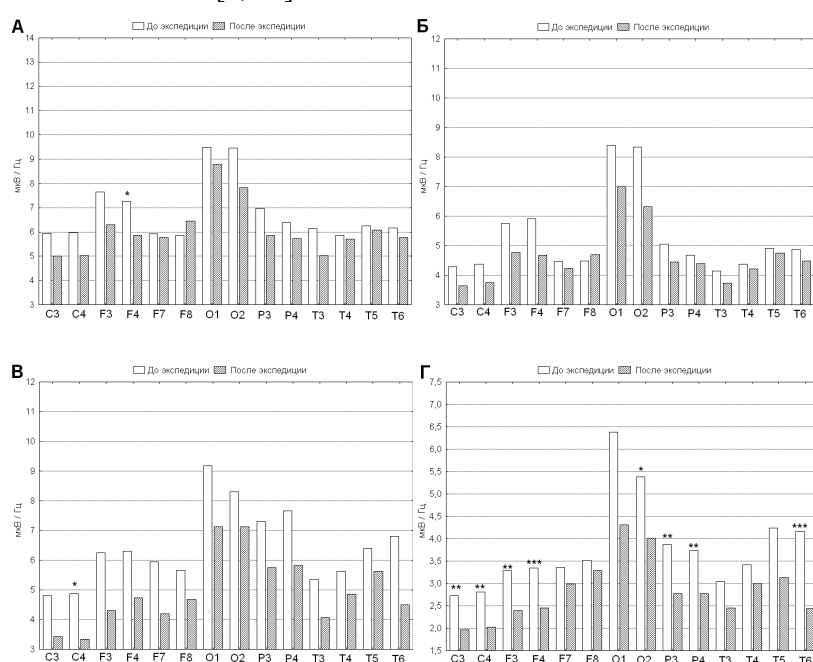


Рис. 2 Различия уровней мощности ритмов ЭЭГ кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков

при открытых глазах.

Примечание: обозначения такие же, как на рис. 1.

### Различия показателей коэффициента десинхронизации ритмической электрической активности у кандидатов и участников экспедиции при открытых глазах

Углубленный анализ количественных параметров основных ритмов ЭЭГ засвидетельствовал наличие характерных межгрупповых особенностей коэффициента десинхронизации (КД). ЭЭГ обследование группы зимовщиков, возвратившихся из длительной экспедиции, показало, что изменения КД при открытых глазах, по сравнению с показателями фоновых исследований, в некоторых зонах коры головного мозга у них были выражены в большей степени (рис. 3).

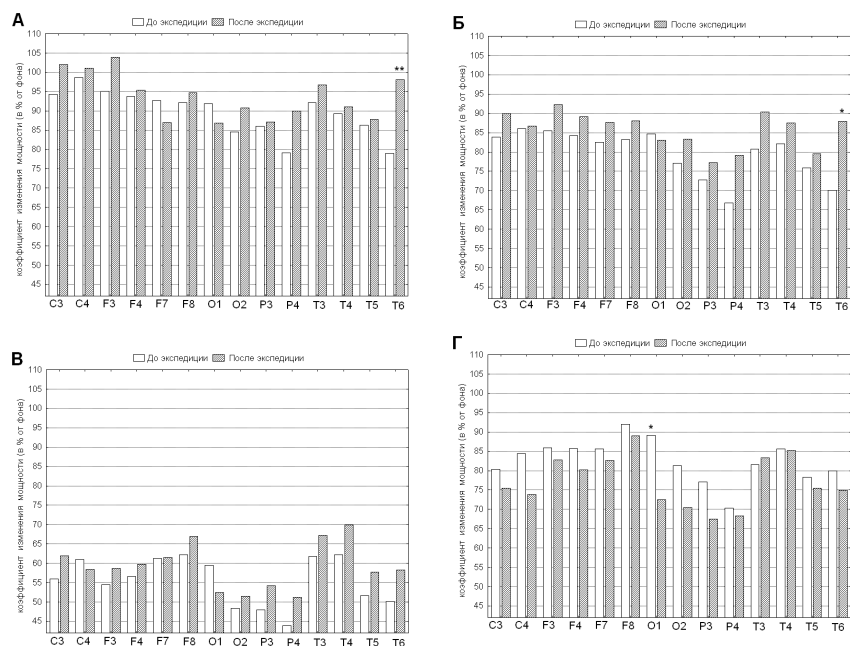


Рис. 3 Различия показателей коэффициента десинхронизации (КД) ритмов ЭЭГ кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков.

Примечание: По вертикали – отведения ЭЭГ, по горизонтали – показатели КД (в %). Светлые столбцы – показатели группы 1, штрихованные – показатели группы 2. Буквами обозначены диаграммы показателей КД следующих ритмов ЭЭГ: А –  $\delta$ -ритм, Б –  $\theta$ -ритм, В –  $\alpha$ -ритм, Г –  $\beta_1$ - ритм. Остальные обозначения такие же, как на рис. 1.

Такие различия были статистически достоверны в диапазоне  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6). Однако значения КД в диапазоне  $\beta_1$ -ритма в затылочной области коры левого полушария (отведение О1) у антарктических зимовщиков были снижены. В частотных диапазонах  $\alpha$ - и  $\beta_2$ -ритмов межгрупповых различий в КД не наблюдалось.

Таким образом, у антарктических зимовщиков вероятно происходит усиление влияния подкорково-диэнцефальных структур на фоне возможной перестройки паттерна ЭЭГ в процессе возрастания уровня активации [14]. Возможно, изменения в структуре церебрального биоритма зимовщиков отражают большую, чем у кандидатов в экспедицию, выраженность когнитивного и эмоционального ответа [15, 18, 19] на возрастание уровня активации по сравнению с фоновыми значениями ЭЭГ.

### Различия показателей ритмической электрической активности головного мозга кандидатов и участников экспедиции при зрительной стимуляции различной эмоциональной валентности

При дальнейшем увеличении уровня активации коры, в ситуации предъявления зрительных стимулов различной валентности, были отмечены статистически достоверно более низкие показатели мощности  $\alpha$ -ритма у антарктических зимовщиков по сравнению с аналогичными показателями кандидатов в экспедицию (рис. 4).

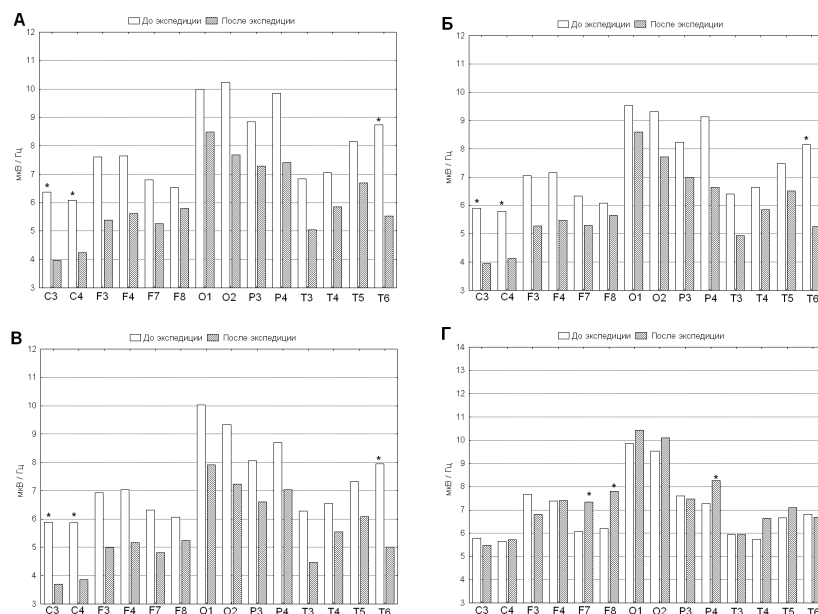


Рис. 4. Различия мощности ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при зрительной стимуляции различной эмоциональной валентности у кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков. Примечание: Буквами обозначены диаграммы уровней мощности следующих ритмов ЭЭГ при действии зрительными стимулами различной валентности: А –  $\alpha$ -ритм при предъявлении нейтральных стимулов, Б –  $\alpha$ -ритм при предъявлении эмоционально позитивных стимулов, В –  $\alpha$ -ритм при предъявлении эмоционально негативных стимулов, Г –  $\delta$ -ритм при предъявлении эмоционально негативных стимулов. Остальные обозначения такие же, как на рис. 1

Такие изменения, независимо от валентности стимула, были локализованы лишь в центральных областях коры обоих полушарий (отведения С3, С4) и задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6). В остальных зонах коры наблюдалась лишь тенденция к понижению. Кроме того, у антарктических зимовщиков были отмечены более высокие значения мощности  $\delta$ -ритма, которые были локализованы в латеральных лобных областях коры обоих полушарий (отведения F6, F7), а также в теменной области правого полушария (отведение P4). В остальных частотных диапазонах, вне зависимости от валентности стимула, во всех зонах регистрации не наблюдалось статистически достоверных различий мощности ритмов ЭЭГ.

Следует отметить, что у антарктических зимовщиков изменения биоритмики головного мозга при всех видах стимуляции была однонаправленной, что может свидетельствовать об универсальности механизмов реагирования на стимулы различной эмоциональной валентности. Усиление десинхронизации в определенных зонах коры головного мозга (особенно правого полушария) в ответ на эмоциогенные стимулы характерно для доминирования механизмов эмоционального ответа, связанного с переживанием негативных эмоций [20, 21, 22]. Подобного рода изменения в структуре ритмов ЭЭГ могут быть связаны с личностными (интроверсия) характеристиками [23]. Кроме того, сопряженное усиление  $\delta$ -ритма на фоне увеличения корковой активации является маркером состояния тревожного ожидания [24].

Исходя из этого, можно предположить, что у антарктических зимовщиков при восприятии эмоциогенной информации различной валентности проявляется склонность к стереотипным моделям реагирования, что выражается в готовности воспринимать любую эмоциональную информацию как негативную.

#### **Изменения коэффициента десинхронизации ритмической электрической активности головного мозга кандидатов и участников экспедиции при предъявлении эмоционально нейтральных визуальных стимулов**

При возрастании уровня активации, в ситуации подачи нейтральных эмоциональных стимулов, у зимовщиков значения КД ритмов ЭЭГ были выражены в большей степени (рис. 5). У антарктических зимовщиков статистически достоверное повышение уровня КД отмечалось в диапазоне  $\delta$ -ритма в теменной области коры правого полушария (отведение P4), а также в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6). Кроме того, КД ритмов ЭЭГ у них был выше в диапазоне  $\beta_2$ -ритма в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6).

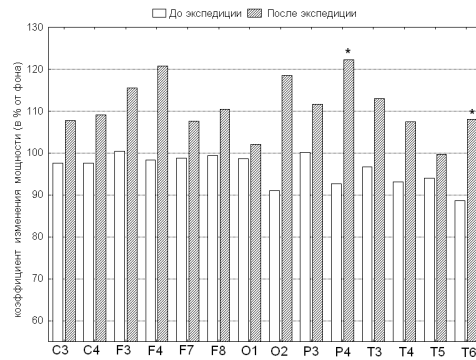


Рис. 5. Различия КД дельта-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при подаче эмоционально нейтральных стимулов, у кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков.  
Примечание: Остальные обозначения такие же, как на рисунке 3.

Такие изменения показателей десинхронизации ритмов ЭЭГ, по сравнению с фоновыми значениями, могут быть связаны с усилением процессов осознания информации и усилением когнитивной составляющей в оценке стимулов по сравнению [25]. Учитывая, что эти процессы более характерны для зон коры мозга, которые связаны с негативным эмоциональным реагированием, логично предположить, что после экспедиции у зимовщиков эмоционально нейтральная стимуляция может расцениваться в негативных тонах [21, 22, 24].

**Изменения коэффициента десинхронизации ритмической электрической активности головного мозга кандидатов и участников экспедиции при предъявлении эмоционально позитивных и негативных визуальных стимулов**

Обследование испытуемых при зрительной стимуляции позитивной эмоциональной валентности показало, что у зимовщиков показатели КД ритмов ЭЭГ увеличиваются больше по сравнению с аналогичными параметрами кандидатов в экспедицию (рис. 6).

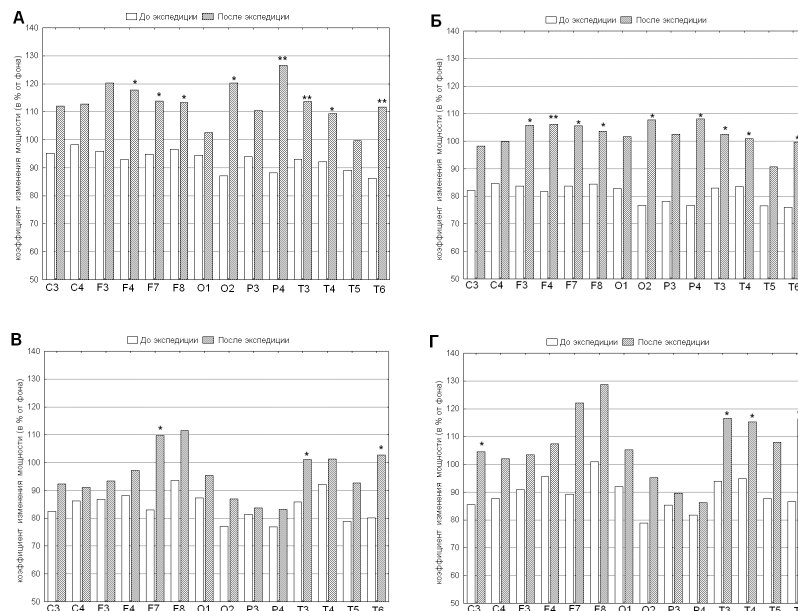


Рис. 6. Различия КД ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при подаче эмоционально позитивных стимулов по отношению к фоновым значениям ЭЭГ у кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков.  
Примечание: Буквами обозначены диаграммы уровней мощности следующих ритмов ЭЭГ: А – КД  $\delta$ -ритма, Б – КД  $\theta$ -ритма, В – КД  $\beta_1$ -ритма, Г –  $\beta_2$ - ритма. Остальные обозначения такие же, как на рисунке 3.

При этом межгрупповые различия касаются большинства диапазонов ритмов ЭЭГ, за исключением диапазона  $\alpha$ -ритма. У антарктических зимовщиков значения КД в диапазоне  $\delta$ -ритма достигали уровня статистической достоверности в медиальной области лобной коры правого полушария (отведение F4), в латеральных областях лобной коры обоих полушарий (отведения F7, F8), затылочной (отведение O2) и теменной (отведение P4) зон правого полушария, в передне-

височных зонах обоих полушарий (отведения Т3, Т4) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6). Наибольшие уровни показателей КД в диапазоне  $\theta$ -ритма наблюдались в медиальных (отведения F3, F4) и латеральных (отведения F7, F8) областях лобной коры обоих полушарий, а также в затылочной (отведение О2) и теменной (отведение Р4) зонах правого полушария, в передне-височных зонах обоих полушарий (отведения Т3, Т4) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6).

В остальных зонах коры мозга различия в значениях КД находились на уровне тенденций. В диапазоне бета1-ритма межгрупповые различия в показателях КД были статистически достоверными в латеральной области лобной коры левого полушария (отведение F7), а также в передне-височной области левого полушария (отведение Т3) и задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6). У зимовщиков уровни КД в диапазоне  $\beta_2$ -ритма были больше в центральной области левого полушария (отведение С3), передне-височных областях обоих полушарий (отведения Т3, Т4) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6).

Межгрупповые различия КД ритмов ЭЭГ при зрительной стимуляции негативной валентности отмечались в диапазонах  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов. При этом уровни показателей КД ритмов ЭЭГ у антарктических зимовщиков были выше (рис. 7). В диапазоне  $\delta$ -ритма значения КД были выше в центральной (отведение С4) и медиальной лобной (отведение F4) областях коры правого полушария, латеральных областях лобной коры обоих полушарий (отведения F7, F8), в затылочной (отведение О2) и теменной (отведение Р4) зонах правого полушария, а также в передне- височных областях коры обоих полушарий (отведения Т3, Т4) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6). В остальных корковых зонах межгрупповые различия в значениях КД не были статистически достоверными. Кроме того, отмечены различия в значениях КД в диапазоне  $\theta$ -ритма, и эти значения также были выше у зимовщиков. Так, статистически достоверные межгрупповые различия показателей КД наблюдались в медиальной зоне лобной коры правого полушария (отведение F4), латеральной зоне лобной коры левого полушария (отведение F7), а также в передне-височной области коры левого полушария (отведение Т3) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6).

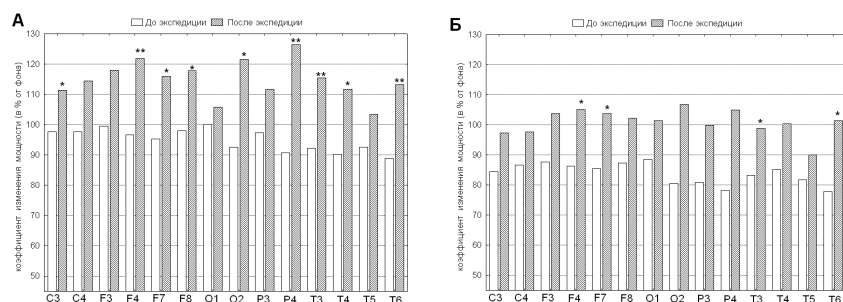


Рис. 7. Различия КД ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при подаче эмоционально негативных стимулов по отношению к фоновым значениям ЭЭГ у кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков.

Примечание: Буквами обозначены диаграммы уровней мощности следующих ритмов ЭЭГ: А – КД  $\delta$ -ритма, Б – КД  $\theta$ -ритма. Остальные обозначения такие же, как на рисунке 3.

Таким образом, среди особенностей реагирования ритмической электрической активности головного мозга испытуемых на эмоциогенные стимулы позитивной и негативной валентности обращает на себя внимание различия в показателях КД низкочастотных ритмов ЭЭГ. При этом у антарктических зимовщиков эти показатели были выше по сравнению с кандидатами в экспедицию. Характерной особенностью является то, что зрительная стимуляция зимовщиков демонстрирует депрессивность ответа церебральной биоритмики на фоне генерализованной десинхронизации ритмов ЭЭГ с превалированием дизрегуляторных проявлений в проекциях зон коры мозга, имеющих отношение к регуляции психоэмоционального статуса человека. Дополнительным подтверждением этому служит тот факт, что при воздействии визуальными стимулами позитивной и негативной валентности у антарктических зимовщиков наибольшие изменения КД именно низкочастотных ритмов ( $\delta$  и  $\theta$ ) отмечаются в корковых областях именно правого полушария. Такие изменения в рисунке ЭЭГ характерны именно для негативного эмоционального реагирования с вовлечением когнитивной оценки эмоционально окрашенной информации [26, 27, 28]. Критерием общности реагирования ритмов ЭЭГ антарктических зимовщиков в данном случае могут служить повышенные показатели КД в проекциях лобных и височных зон коры мозга [29, 30]. Здесь вероятно объединение субъективного значимого семантического пространства [31]. О включении когнитивного компонента в анализ положительных эмоциональных



стимулов говорит усиление высокочастотной активности [32]. Кроме того, подобного рода различия характеризуют состояние психоэмоционального напряжения на фоне использования стратегии мотивации избегания [20, 24].

## ВЫВОДЫ

1. При регистрации ЭЭГ у возвратившихся из антарктической экспедиции зимовщиков в состоянии покоя (при закрытых глазах) выявлены более низкие уровни мощности биоритмов головного мозга (по сравнению с контролем) с наиболее значимыми различиями в низко- и среднечастотном спектре, что может быть связано с особенностями функционального состояния неспецифической регуляции в ЦНС.
2. У антарктических зимовщиков при экстрацептивной стимуляции зрительного анализатора (регистрации при открытых глазах) изменения в рисунке ЭЭГ характеризуются снижением реактивности, что может быть связано с развитием дизрегуляции механизмов активации ритмической деятельности головного мозга.
3. У зимовщиков реакция церебральной ритмической электрической активности в ситуации предъявления зрительных эмоциогенных стимулов позитивной и негативной модальности характеризуются более выраженной десинхронизацией ритмов ЭЭГ во всем диапазоне частот практически по всей поверхности коры.
4. Характерной особенностью изменений электрической активности головного мозга человека после годичной сенсорной депривации в экстремальных условиях Антарктики является характер изменения рисунка ЭЭГ с усилением ее низкочастотного спектра на фоне генерализованной десинхронизации с превалированием дизрегуляторных проявлений в проекциях зон коры мозга, имеющих отношение к регуляции психоэмоционального статуса человека.

## Список литературы

1. Казначеев В.П. “Синдром полярного напряжения” и некоторые вопросы экологии человека в высоких широтах / В.П. Казначеев // Вестник АН СССР. – 1980. – №1. – С. 74–83.
2. Моисеенко Є.В. Психофізіологічний супровід антарктичних експедицій / Є.В. Моисеенко, Сухоруков В.І., С.-А. Й. Мадяр [та ін.] // (методичні рекомендації). К., 2006. – 35 с.
3. Palinkas L.A. Subsyndromal seasonal affective disorder in Antarctica / L.A. Palinkas, M. Houseal, N.E. Rosenthal // Journal of Nervous and Mental Disease. – 1996. – V. 184. – P. 530–534.
4. Сороко С.И. Нейрофизиологические механизмы индивидуальной адаптации человека в Антарктиде / С.И. Сороко. – Л.: Наука, 1984. – 151 с.
5. Топчий И.В. Изучение индивидуально-типологических особенностей неспецифической регуляции межанализаторных взаимодействий у человека: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. / И.В. Топчий – Ростов н/Д., 1997. – 20 с
6. Адрианов О.С. О принципах организации интегративной деятельности мозга / О.С. Адрианов. – М.: Медицина, 1976. – 279 с.
7. Wittling W. Emotion-related hemisphere asymmetry: subjective emotional responses to laterally presented films / W. Wittling, R. Roschmann // Cortex. – 1993. – V. 29, № 3. – P. 431–448.
8. Reduced response-inhibition in obsessive-compulsive disorder measured with topographic evoked potential mapping / M.J. Herrmann, C. Jacob, S. Unterecker [et al.] // Psychiatry Res. – 2003. – V. 120, № 3. – P. 265–271.
9. Panic attack symptoms in a patient with left temporal lobe epilepsy / S. Saegusa, T. Takahashi, J. Moriya [et al.] // J. Int. Med. Res. – 2004. – V. 32, № 1. – P. 94–96.
10. Petruzzello S.J. State anxiety reduction and exercise: does hemispheric activation reflect such changes / S.J. Petruzzello, D.M. Landers // Med. Sci. Sports Exerc. – 1994. – V. 26, № 8. – P. 1028–1035.
11. Взаимосвязь активности нейронов аминергических систем головного мозга и ритмов ЭЭГ у кошки / О.И. Колотилова, В.Б. Павленко, И.И. Коренюк [и др.] // Ученые записки ТНУ. – 2005. – Т. 18 (57), № 1. – С. 131–137.
12. Linkage and linkage disequilibrium mapping of ERP and EEG phenotypes / B. Porjesz, H. Begleiter, K. Wang [et al.] // Biological Psychology. – 2002. – V. 61, № 1–2. – P. 229–248.
13. Wrobel A. Beta activity: a carrier for visual attention / A. Wrobel // Acta Neurobiol. Exp. (Warsz). – 2000. – V. 60, № 2. – P. 247–260.
14. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография / Гнездицкий В.В. – Таганрог: ТРТУ, 2000. – 640 с.
15. Electroencephalographic signatures of attentional and cognitive default modes in spontaneous brain activity fluctuations at rest / H. Laufs, K. Krakow, P. Sterzer [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2003. – V. 100, № 19. – P. 11053–11058.
16. Кудієвський Я.В. Зміни біоелектричної активності головного мозку в учасників XI антарктичної експедиції після повернення з зимівлі / Я.В. Кудієвський, Є.В. Мойсеєнко // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2007. – Т. 11., №1. – С. 57–59.

17. Корекція несприятливих психофізіологічних станів за допомогою кольорового зворотного зв'язку за електроенцефалограмою / А.Й. Мадяр, В.Б. Павленко, Е.В. Ейсмонт [и др.] // Медична інформатика та інженерія. – 2009, №1 – С. 27–37.
18. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W. Klimesch // Brain Res. Rev. – 1999. – V. 29, № 2-3. – P. 169–195.
19. Lengyel M. Computational theories on the function of theta oscillations / M. Lengyel, Z. Huhn, P. Erdi // Biol. Cybern. – 2005. – V. 92, № 6. – P. 393–408.
20. Neurophysiological correlates of induced discrete emotions in humans: an individually oriented analysis / L.I. Aftanas, N.V. Reva, L.N. Savotina [et al.] // Neurosci. Behav. Physiol. – 2006. – V. 36, № 2. – P. 119–130.
21. Jones N.A. Electroencephalogram asymmetry during emotionally evocative films and its relation to positive and negative affectivity / N.A. Jones, N.A. Fox // Brain Cogn. – 1992. – V. 20, № 2. – P. 280–299.
22. Sutton S.K. Prefrontal brain electrical asymmetry predicts the evaluation of affective stimuli / S.K. Sutton, R.J. Davidson // Neuropsychologia. – 2000. – V. 38, № 13. – P. 1723–1733.
23. Tran Y. Extraversion/introversion and 8-13 Hz waves in frontal cortical regions / Y. Tran, A. Craig, P. McIsaac // Personality and Individual Differences. – 2001. – V. 30. – P. 205–215.
24. Knyazev G.G. Anxious apprehension increases coupling of delta and beta oscillations / G.G. Knyazev, D.J. Schutter, J. van Honk // Int. J. Psychophysiol. – 2006. – V. 61, № 2. – P. 283–287.
25. High gamma power is phase-locked to theta oscillations in human neocortex / R.T. Canolty, E. Edwards, S.S. Dalal [et al.] // Science. – 2006 – V. 15, № 313 (5793). – P. 1626–1628.
26. Анализ вызванной ЭЭГ синхронизации и десинхронизации при эмоциональной активации: временные и топографические характеристики / Л.И. Афтanas, Н.В. Рева, А.А. Варламов [и др.] // Ж. высш. нервн. деят-сти. – 2003. – Т. 53, № 4. – С. 485–494.
27. Aftanas L.I. Trait anxiety impact on posterior activation asymmetries at rest and during evoked negative emotions: EEG investigation / L.I. Aftanas, S.V. Pavlov // Int. J. Psychophysiol. – 2005. – V. 55, № 1. – P. 85–94.
28. Джебрайлова Т.Д. Спектральные характеристики ЭЭГ у студентов с различным уровнем тревожности во время экзаменов / Т.Д. Джебрайлова // Ж. высш. нервн. деят-сти. – 2003. – Т. 53, № 4. – С. 495–502.
29. Афтanas Л.И. Характеристики межполушарного распределения мощности ЭЭГ у высокотревожных личностей в эмоционально нейтральных и аверсивных условиях / Л.И. Афтanas, С.В. Павлов // Ж. высш. нервн. деят-сти. – 2005. – Т. 55, № 3. – С. 322–328.
30. Quantitative characteristics of alpha and theta EEG activities during sensory deprivation / K. Iwata, M. Nakao, M. Yamamoto [et al.] // Psychiatry Clin. Neurosci. – 2001. – V. 55, № 3. – P. 191–192.
31. Strelets V.B. The EEG rhythms and psychological indices of emotions in reactive depression / V.B. Strelets, N.N. Danilova, I.V. Kornilova // Zh. Vyssh. Nerv. Deiat. Im I. P. Pavlova. – 1997. – V. 47, № 1. – P. 11–21.
32. Sidorova O.A. Electroencephalographic and vegetative correlates of the mental reproduction of emotional states / O.A. Sidorova, M.B. Kostyunina, M.A. Kulikov // Neurosci. and Behav. Physiol. – 1992. – V.22, №6. – P. 475–481.

**Чорний С.В. Перебудови церебрального електрогенезу людини після тривалої антарктичної експедиції / С.В. Чорний, Є.В. Моїсєнко, В.Б. Павленко, В.П. Семенюк, В.В. Лісінчук, Г.О. Коваленко, С.-А.Й. Мадяр, О.Е. Ковалевська // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 216–230.**

Проведени дослідження особливостей електричної активності головного мозку людини після річної сенсорної депривації в екстремальних умовах Антарктики. В дослідженні приймали участь кандидати до арктичної експедиції та зимовники після повернення з тривалої арктичної експедиції (13 місяців) на станцію Академік Вернадський. Характерною особливістю змін біоелектричної активності головного мозку людини після річної сенсорної депривації в екстремальних умовах Антарктики є те, що емоціональна стимуляція різної модальності демонструє депресивність відповіді церебральної біоритмики з посиленням її низькочастотного спектра на фоні генералізованої десинхронізації ритмів ЕЕГ. Дизрегуляторні процеси превалювали в проєкціях зон кори мозку, маючих відношення к регуляції психоемоційного стану людини.

**Ключові слова:** адаптація, Антарктика, експедиція, біоелектрична активність мозку, ЕЕГ.

**Cherniy S.V. Alterations of cerebral electrogenesis in human after long antarctic expedition / S.V. Cherniy, Y.V. Moiseyenko, V.B. Pavlenko, V.P. Semeniuk, V.V. Lisinchuk, A.A. Kovalenko, S.-A.I. Madyar, Ye.E. Kovalevskaia // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 216–230.**

Researches of features of electric activity of cerebrum of man are conducted after annual sensory deprivation in the extreme terms of Antarctic. In researches candidates in the Antarctic expedition (12 men) and winterers (12 men) took part after returning from a long expedition (13 months) at the station Vernadsky (65 14'43"S; 64 15'24"W). By the characteristic feature of changes biorhythm activity of cerebrum of human after annual sensory deprivation in the extreme terms of Antarctic there is that emotional stimulation of different modality demonstrates depressed of answer of cerebral biorhythm with strengthening of its low frequency spectrum on a background universal desynchronisation of rhythms of EEG with predominating of dysregulation displays in the projections of areas of bark of brain, relating to adjusting psychoemochen status of human.

**Keywords:** adaptation, Antarctic, expedition, bioelectric brain activity, EEG.