

УДК 612.82+612.017.2 (98)

## ЦЕРЕБРАЛЬНЫЙ ЭНЕРГООБМЕН КАК МАРКЕР АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2018 г. <sup>1,2</sup>А. В. Грибанов, <sup>2</sup>Н. Ю. Аникина, <sup>1,2</sup>А. Б. Гудков

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Архангельск; <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск

*Цель работы* – установить изменения церебральных энергетических процессов при адаптивных реакциях центральной нервной системы (ЦНС) человека в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации. *Методы.* Проанализировано энергетическое состояние головного мозга у 795 человек разных возрастных групп, постоянно проживающих в Арктической зоне страны: детей 7–10 лет, молодых людей 18–20 лет, пожилых людей 60–70 лет. Церебральные энергетические процессы оценивались по данным распределения уровня постоянного потенциала (УПП) с помощью пятиканального аппаратно-программного комплекса «Нейро-КМ». Кроме того, проведено исследование УПП у молодых людей, приехавших на учебу в северный вуз из Индии. У студентов из Индии и у студентов-северян на начальном этапе обучения определялась реакция УПП на локальное охлаждение. *Результаты.* Выявлено, что адаптивные реакции распределения УПП головного мозга в климатогеографических условиях региона характеризуются однонаправленностью и неспецифичностью действия как в натуральных, так и в модельных условиях независимо от возраста, пола и северного стажа. При этом перестройка энергетических процессов отражается в высоких показателях УПП головного мозга нарушением «куполообразности» и формированием правополушарного доминирования как у постоянно проживающих в регионе, так и у мигрантов. Аналогичные изменения происходили и при холодовой локальной пробе. *Вывод.* Изменения церебральных энергетических процессов, отражающих адаптивные реакции ЦНС человека, в частности распределение УПП в коре головного мозга, можно рассматривать как «синдром адаптационного профицита церебрального энергообмена».

**Ключевые слова:** Арктическая зона, климатогеографические условия, центральная нервная система, церебральный энергетический метаболизм, распределение уровня постоянного потенциала мозга, церебральные энергозатраты

## CEREBRAL ENERGY EXCHANGE AS A MARKER OF ADAPTIVE HUMAN REACTIONS IN NATURAL CLIMATIC CONDITIONS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

<sup>1,2</sup>A. V. Gribanov, <sup>2</sup> N. Yu. Anikina, <sup>1,2</sup>A. B. Gudkov

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk; <sup>2</sup>Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

*The aim* of the work was to fix changes of cerebral energy processes in the adaptive reactions of the human CNS in conditions of the Arctic zone of the Russian Federation. *Methods.* The energy state of the brain was analyzed in different age groups (795 people in total), constantly living in the Arctic zone of the Russian Federation: children 7-10 years old, young people 18-20 years old, elderly people 60-70 years old. Cerebral energy processes were estimated according to the data of the level distribution of the direct constant potential (DC potential) by means of the five-channel hardware-software complex "Neuro-KM". Besides, the level of constant potential was tested in young people (18-20 years) arrived from India to study in the northern university. The reaction of constant potential level on local cooling was determined both in Indian students and students-northerners at the initial training. *Results.* It was revealed that adaptive reactions of distribution of the brain constant potential level in climate and geographical conditions of the region were characterized by unidirectionality and lack of action specificity, both in natural, and in the simulative conditions irrespective of the age, sex and northern length of service. At the same time reorganization of energy processes finds the reflection in high amplitude of DC potentials of a brain, violation of the dome principle and formation dominance of right hemisphere, both in people constantly living in these territories, and in migrants. Similar changes also happened in local cooling test. *Conclusion.* Changes of the cerebral energy processes reflecting adaptive reactions of CNS of the person, in particular, distribution of DC potential in a cerebral cortex can be considered as "syndrome of the adaptive surplus of cerebral energy exchange".

**Key words:** Arctic zone, climatic and geographical conditions, central nervous system, cerebral energy metabolism, distribution of the direct current potential of the brain, cerebral energy expense

### Библиографическая ссылка:

Грибанов А. В., Аникина Н. Ю., Гудков А. Б. Церебральный энергообмен как маркер адаптивных реакций человека в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2018. № 8. С. 32–40.

Gribanov A. V., Anikina N. Yu., Gudkov A. B. Cerebral Energy Exchange as a Marker of Adaptive Human Reactions in Natural Climatic Conditions of the Arctic Zone of the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 8, pp. 32-40.

Активизация деятельности человека в Арктике и на севере России при реализации новой стратегии социально-экономического развития северных регионов диктует необходимость изучения физио-

логических механизмов адаптации человека, что, по нашему мнению, является весьма важным для разработки вопросов сохранения и укрепления здоровья, для обоснования лечебно-диагностических и

коррекционно-реабилитационных мероприятий [6, 17, 23, 24].

Одним из ключевых климатических факторов Севера является холод [5, 18]. Включение холодовых рецепторов приводит к возбуждению центров терморегуляции, что в дальнейшем, как правило, приводит к интенсификации энергообменных процессов в центральной нервной системе (ЦНС) [28]. Кроме того, дополнительные функциональные нагрузки, обусловленные адаптационными перестройками, также требуют усиленной работы различных структур мозга и ведут к изменению его энергетического состояния.

Однако, несмотря на значимость показателей энергетического состояния коры головного мозга в развитии и оценке адаптивных реакций [25], эти вопросы до сих пор остаются практически не изученными. Не представлены интегральные показатели церебральных энергетических процессов, характерные для проживающих и переехавших на Север, и отражающие как сформированную адаптацию, так и процессы ее формирования. Это и предопределило проведение данной работы, цель которой — установить наиболее значимые церебральные энергетические процессы, происходящие при адаптации человека в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации (РФ).

Информативные в этом случае методы, позволяющие визуализировать некоторые биохимические процессы в мозге и исследовать церебральный энергетический метаболизм, к которым относятся позитронно-эмиссионная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография, функциональная магнитно-резонансная томография, метод резонансного клиренса, достаточно дорогостоящи, весьма трудоемки и, как правило, предусматривают введение радиоактивных веществ, что является неприемлемым при массовых исследованиях [21, 27].

В этой связи особую актуальность приобретает метод регистрации распределения уровня постоянного потенциала (УПП) головного мозга, позволяющий достоверно оценить энергетический метаболизм головного мозга [16].

Уровень постоянного потенциала головного мозга — это медленно меняющийся устойчивый потенциал милливольтного диапазона, являющийся одним из видов сверхмедленных физиологических процессов головного мозга, генез которого связан преимущественно с разностью потенциалов на мембранах клеток гематоэнцефалического барьера и сосудов головного мозга. Параметры же УПП отражают уровень рН, который является конечной характеристикой энергетического обмена [11].

В отечественной литературе такие потенциалы часто описывают как сверхмедленную электрическую активность, квазиустойчивую разность потенциалов или омега-потенциал [11, 15]. В иностранной литературе эти потенциалы получили название *direct current potentials* (DC-potentials), т. е. потенциалы постоянного тока [19, 22, 26, 29].

## Методы

Основу настоящей работы составили исследования церебральных энергетических процессов у различных групп населения (795 человек), проведенные сотрудниками института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова за последнее десятилетие [1–4, 7–10, 14]. Количество лиц мужского и женского пола было практически одинаковым.

На первом этапе были проведены исследования УПП головного мозга у различных групп населения, родившегося и проживающего на Европейском Севере РФ: учащихся начальной школы 7–10 лет (299 человек); студентов, проживающих и обучающихся на территории Арктической зоны РФ — студентов-северян 18–20 лет (98 человек); пожилых людей 60–70 лет (288 человек).

На втором этапе исследовались УПП у приехавших на учебу в северный вуз молодых людей из Индии — студентов из Индии 18–20 лет (110 человек).

Все исследования проводили в одно и то же время суток, при максимальном физическом и психическом покое испытуемых. Кроме исследования УПП в состоянии относительного покоя, у студентов-северян и студентов из Индии проводились исследования распределения УПП при локальном холодном воздействии. Для этого правую кисть на 1 мин опускали в холодную воду ( $t = 6^\circ$ ) и записывали распределение УПП при охлаждении и в восстановительный период в течение 10 мин.

Для регистрации, обработки и анализа УПП головного мозга применяли 5-канальный аппаратно-программный диагностический комплекс «Нейро-КМ». Использование специальных методов анализа и топографического картирования УПП позволяет проводить оценку суммарных энергозатрат головного мозга и его отдельных областей [16].

Регистрировали УПП монополярно с помощью неполяризуемых хлорсеребряных электродов ЭВЛ-1-М4 (референтный) и ЕЕ-G2 (активный) и усилителя постоянного тока с входным сопротивлением 10 МОм. До наложения электродов на голову испытуемого производили их предварительное тестирование в физиологическом растворе, при котором измеряли разность потенциалов и сопротивление между электродами в отсутствие биологического объекта, разность потенциалов между электродами не превышала 20 мВ, а межэлектродное сопротивление 15–20 кОм. Дрейф электродного потенциала не превышал 1–2 мВ за 10 мин.

Затем референтный электрод располагали на запястье правой руки, активные — вдоль сагиттальной линии — в лобной, центральной, затылочной областях, а также в правом и левом височных отделах (точки Fz, Cz, Oz, Td, Ts по международной системе «10–20») [13].

Регистрацию УПП у испытуемого осуществляли через 5–7 мин после наложения на точки отведения электродов с контактными тампонами, смоченными гипертоническим (30 %) раствором NaCl, благодаря

которому происходило снижение кожного сопротивления до 1–2 кОм, уменьшалась величина кожных потенциалов, а также блокировалась кожно-гальваническая реакция. За указанное время происходят переходные электрохимические процессы в коже, исчезают трибоэлектрические явления. При экспериментальном измерении, длительность которого составляла 15 мин, осуществляли постоянный контроль значений кожного сопротивления в местах отведения УПП, которое не превышало 30 кОм.

Информацию об истинном значении УПП головного мозга получали благодаря автоматическому вычитанию из суммарных регистрируемых значений потенциалов межэлектродной разности потенциалов. Полученные данные обрабатывались с помощью специального программного обеспечения с построением карты распределения УПП.

Анализ УПП проводили путем картирования полученных с помощью монополярного измерения значений УПП и расчета отклонений УПП в каждом из отведений от средних значений, зарегистрированных по всем областям головы, при котором появляется возможность оценки локальных значений УПП в каждой из областей с исключением влияний, идущих от референтного электрода. Полученные характеристики распределения УПП сравнивали со среднестатистическими нормативными значениями для определенных возрастных периодов, встроенных в программное обеспечение комплекса «Нейро-КМ».

Полученные данные были подвергнуты математической обработке с помощью пакета прикладных статистических программ SPSS.20. Вычислялась одномерная описательная статистика для каждого из исследуемых показателей, производилась оценка распределений признаков на нормальность. Различия между показателями у сравниваемых групп испытуемых оценивались по  $\chi^2$  и критерию t-Стьюдента. В тех случаях, когда распределение не соответствовало критериям нормальности, применялся его непараметрический аналог – критерий Манна – Уитни. Такая математическая обработка проводилась в тех статьях, которые послужили основой для этой работы, отражающей общие неспецифические изменения церебрального энергообеспечения при адаптивных реакциях человека в Арктической зоне. Поэтому полученные результаты представлены в этой статье только на рисунках. Поскольку различия между показателями УПП у лиц мужского и женского пола были минимальны и статистически незначимы, мы сочли возможным анализировать распределение УПП головного мозга у испытуемых, не выделяя половозрастные группы отдельно.

**Результаты**

При анализе данных распределения УПП у детей младшего школьного возраста, студентов и пожилых людей, родившихся и проживающих на территории Арктической зоны РФ, было выявлено, что полученные результаты отличаются от так называемых

эталонных или нормативных значений, выведенных для различных возрастных групп средних широт России (Москва, Московская область) [16]. Так, у детей-северян младшего школьного возраста суммарные энергетические значения превышали значения средней полосы (рис. 1, 2) на 65 %, у студентов

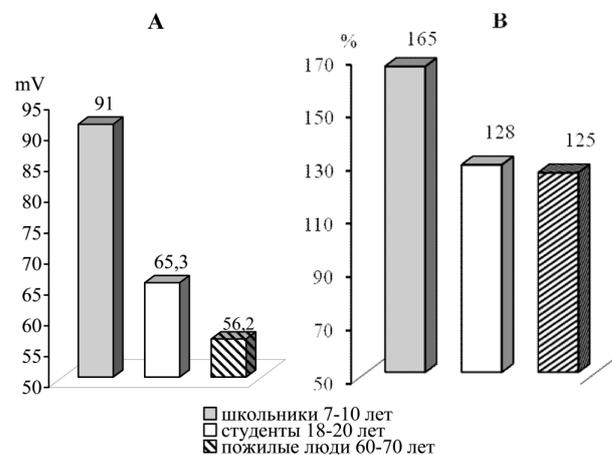


Рис. 1. Суммарные значения УПП в стандартных отведениях у различных групп населения Арктической зоны РФ (А – абсолютные значения; В – относительные значения)  
Примечание. За 100 % приняты нормативные показатели.

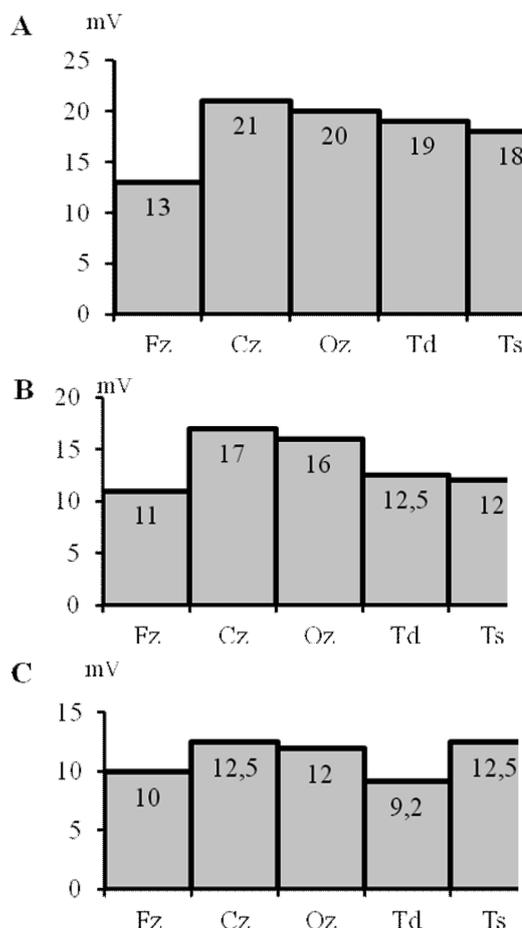


Рис. 2. Распределение УПП головного мозга в стандартных отведениях у различных групп населения Арктической зоны РФ: школьники 7–10 лет (А), студенты 18–20 лет (В), пожилые люди 60–70 лет (С)

18–20 лет – на 28 % и у пожилых людей 60–70 лет – на 25 %. При этом абсолютные значения УПП были значительно выше нормативных показателей контрольных групп по всем отведениям: лобному, центральному, затылочному, правому и левому височным.

Одной из характеристик распределения постоянного потенциала по отделам мозга служит его «куполообразность», когда максимальные значения потенциала регистрируются в центральном отведении (Cz) и плавно снижаются к периферии. Наши данные указывают на некоторое нарушение этого принципа у обследованных групп. Так, абсолютные значения в центральном и затылочном отведениях у детей, студентов и лиц пожилого возраста отличаются не более чем на 1 mV. Более наглядно эти отличия видны в процентном отношении к нормативным данным (рис. 3), т. е. у северян практически отсутствует различие в энергозатратах центральных и затылочных отделов за счет повышения УПП в Oz. Таким образом, нарушается «куполообразность» распределения энергозатрат по отделам головного мозга, т. е. происходит его своеобразная деформация, напоминающая «уплощение».

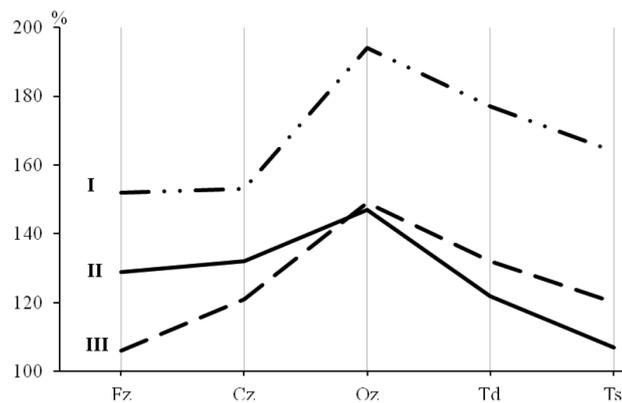


Рис. 3. Профили распределения УПП в стандартных отведениях у различных групп населения Арктической зоны РФ: школьники 7–10 лет (I), студенты 18–20 лет (II), пожилые люди 60–70 лет (III)  
Примечание. За 100 % приняты нормативные показатели.

Еще одной важной характеристикой в карте распределения постоянного потенциала является межполушарная асимметрия энергозатрат. Установлено [16], что уже в младшем школьном возрасте в норме формируется устойчивая межполушарная асимметрия головного мозга с увеличением активности левого доминантного полушария.

В то же время в арктическом регионе во всех возрастных группах нами выявлена межполушарная асимметрия энергозатрат, характеризующаяся инвертированием межполушарных отношений и преобладанием правого полушария.

Для оценки церебральных энергетических процессов у мигрантов при адаптации в условиях Арктической зоны РФ было проведено исследование распределения УПП головного мозга у студентов, начавших обучение в северном вузе. У молодых людей,

переехавших из субтропиков на территорию Арктической зоны РФ, в первый месяц суммарное значение УПП было выше значений студентов-северян на 134 mV, или 24,8 %. Распределение УПП в стандартных отведениях (рис. 4) и в абсолютных, и в относительных показателях превышает значения студентов-северян в каждом отведении. Кроме того, у студентов из Индии адаптивные реакции в Арктической зоне находят свое отражение в появлении тенденции к нарушению «куполообразности» энергозатрат, т. е. тенденции к уплощению распределения УПП по отделам головного мозга, а также в сформированной межполушарной асимметрии с правополушарным доминированием, причем более выраженной по сравнению со студентами-северянами.

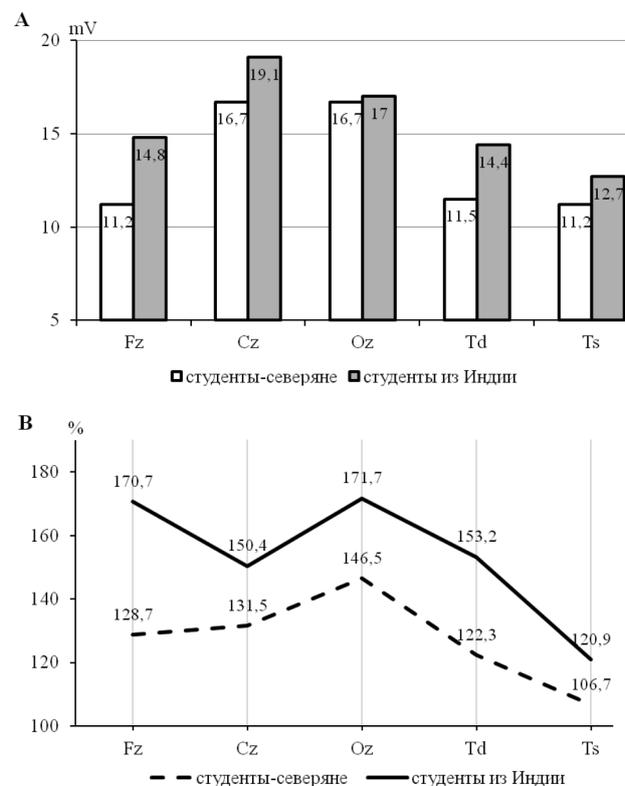


Рис. 4. Профили распределения УПП в стандартных отведениях у студентов 18–20 лет (А – абсолютные значения; В – относительные значения)  
Примечание. За 100 % приняты нормативные показатели.

В первые месяцы пребывания в климатогеографических условиях Арктической зоны у мигрантов из Индии отмечаются более высокие суммарные значения распределения УПП (рис. 5). Реакция УПП при локальной холодовой пробе у студентов из Индии была менее выражена, чем у студентов-северян, по отношению к показателям в состоянии относительного покоя (рис. 6), но это происходило благодаря тому, что у них исходные цифры в состоянии относительного покоя были уже высокими.

При рассмотрении показателей распределения УПП у студентов из Индии в состоянии относительного покоя, при локальном охлаждении и в восстановительный период по отношению к показателям студентов-северян

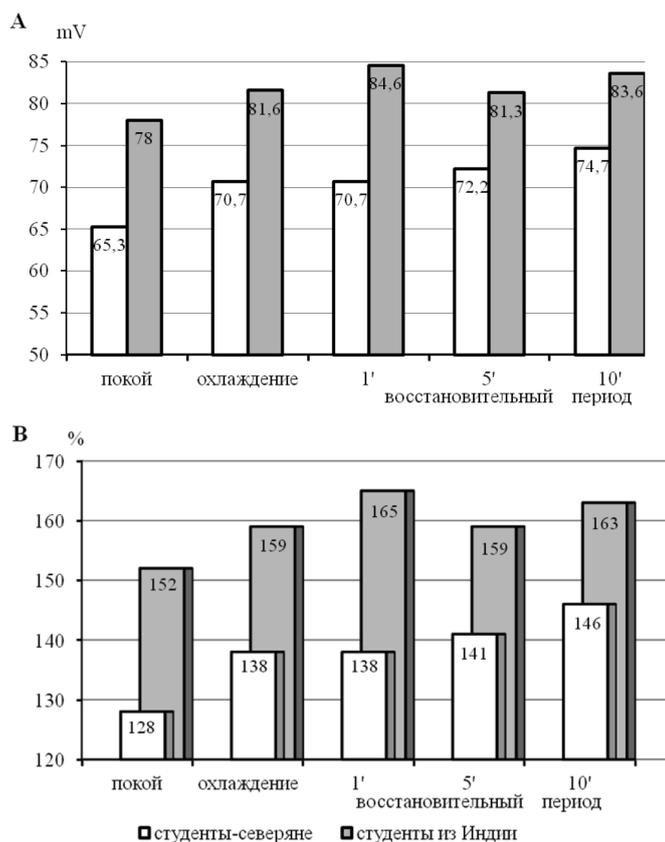


Рис. 5. Распределение суммарных значений УПП при пробе с локальным охлаждением у студентов 18–20 лет (А – абсолютные значения; В – долевое отношение к нормативным значениям)  
Примечание. За 100 % приняты нормативные показатели.

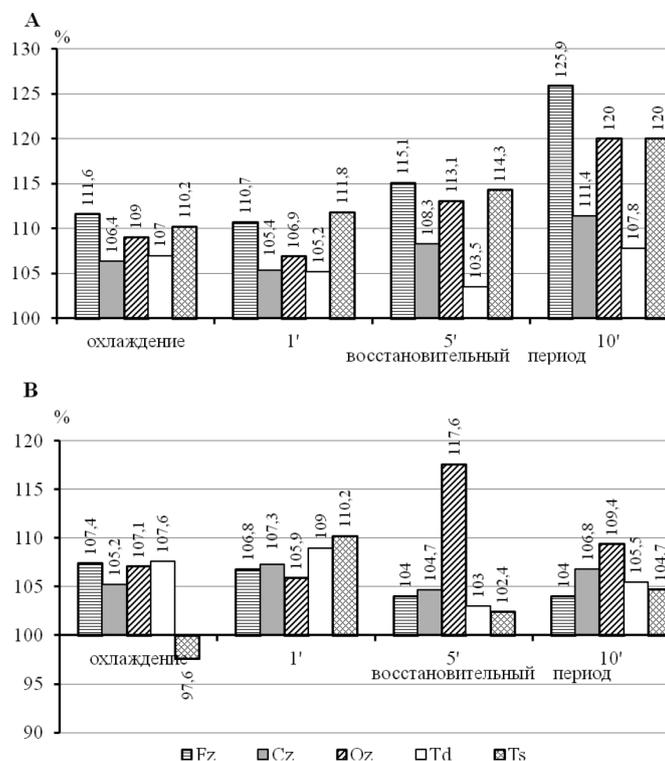


Рис. 6. Изменения распределения УПП при локальном охлаждении и в восстановительный период у студентов 18–20 лет: северян (А), из Индии (В)  
Примечание. За 100 % приняты значения УПП в стандартных отведениях в состоянии покоя

(рис. 7) выявлено значительное превышение показателей практически во всех отведениях. Кроме того, реакция распределения УПП на локальное охлаждение была аналогична тем изменениям церебральных энергетических процессов, которые наблюдаются у постоянно проживающих в арктическом регионе и у мигрантов при переезде на Север.

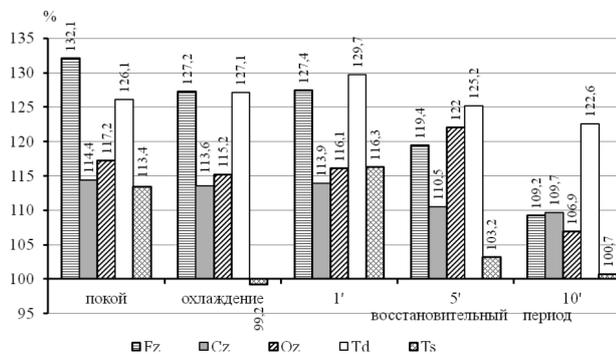


Рис. 7. Показатели распределения УПП при реакции на локальное охлаждение и в восстановительный период у студентов из Индии 18–20 лет

Примечание. За 100 % приняты значения УПП в стандартных отведениях у студентов-северян.

**Обсуждение результатов**

Обобщая данные относительно происхождения и физиологической значимости УПП, необходимо отметить, что регистрируемый с поверхности головы этот вид медленных потенциалов характеризует уровень относительно стабильного функционирования (УОСФ) зон мозговых образований и является количественным показателем функционального состояния исследуемого объекта, определяющего его физиологическую активность [13]. Динамика постоянного потенциала отражает текущее состояние отдельных областей головного мозга, позволяет исследовать внутри- и межполушарные особенности изменений УОСФ проекций рецептивных полей коры в покое, при спонтанном и вызванном изменении функционального состояния [11]. В силу своего происхождения УПП связан с комплексом биохимических и иммунологических параметров, характеризующих энергозатраты мозга и функциональное состояние адаптивных систем организма, со стороны которых в этом регионе отмечается состояние функционального напряжения. Наличие этих изменений у постоянно проживающих на арктических территориях позволило В. П. Казначееву [12] ввести понятие «синдром полярного напряжения», что впоследствии В. И. Хаснулин [17] назвал «северным стрессом» и формированием «северного» метаболического типа энергообеспечения.

Существенным фактом представляется отчетливая связь генеза сверхмедленных колебаний потенциала с процессами метаболизма в головном мозге. Так, можно выделить два класса регистрируемых в головном мозге явлений – биоэлектрические, как результат организованного электрического поля, и биоэлектрохимические, определяемые в основном

окислительно-восстановительными процессами и химическим составом окружающей среды [20].

Энергетическое обеспечение нервных клеток строится по механизму регуляции с помощью обратной связи. Но в ЦНС эта регуляция имеет свои особенности. При деятельности нейронов происходит снабжение их энергией, и чем больше работает нервная клетка, тем больше энергетического материала она получает. Однако при чрезмерной нагрузке включается механизм анаэробного окисления с образованием токсичных свободных радикалов и конечных продуктов окисления. На стадии анаэробного окисления стабильное функционирование мозга нарушается, что ведет к развитию дизадаптации и возникновению риска развития патологических состояний. При этом включаются механизмы, изменяющие энергетический метаболизм и нейронную активность [16].

Исходя из этого, можно считать, что адаптивные реакции при проживании в арктическом регионе, возбуждение центров терморегуляции будут способствовать большему получению дополнительного энергетического материала, т. е. церебральный энергетический метаболизм будет увеличен по сравнению с обычными условиями. Поэтому полученные значения распределения УПП у различных возрастных групп населения – жителей Арктической зоны РФ значительно превышают показатели УПП жителей средней полосы. Подобные особенности могут объясняться состоянием возбуждения центральной нервной системы, отражением которого и будут увеличенные показатели постоянного потенциала головного мозга. Причем чем младше возраст, тем показатели УПП по отношению к нормативным значениям выше. Увеличение суммарного УПП у различных возрастных групп северян происходит за счет повышения значений потенциалов в каждой из пяти областей головного мозга. Однако в затылочном и правом височном отведениях превышение более выражено. Это, в свою очередь, приводит к нарушению принципа «куполообразности» распределения энергозатрат по отделам мозга и формированию устойчивой межполушарной асимметрии головного мозга с увеличением активности правого полушария.

Несмотря на выявленные особенности церебрального энергообмена у проживающих в арктическом регионе, полученные нами результаты подтверждают данные о возрастной динамике: максимальные значения УПП с младшем школьном возрасте и снижением УПП во второй и последующих декадах жизни [16, 21].

Следовательно, результаты обследования различных возрастных групп населения, постоянно проживающих в Арктической зоне РФ, свидетельствуют о формировании качественно нового функционального состояния ЦНС, экологической адаптированности церебрального энергетического метаболизма, характеризующегося функциональным напряжением, которое, вероятно, является следствием неблагоприятного воздействия климатогеографических условий проживания и адаптационных процессов.

Адаптационные процессы у молодых людей при переезде из Индии в арктический регион характеризуются высокими показателями со стороны суммарных значений и показателями в каждом отведении, тенденцией к нарушению «куполообразности» и правополушарному доминированию. То есть мы имеем однонаправленные изменения со стороны церебральных энергетических процессов и при адаптированности у проживающих в этом регионе, и при адаптации впервые приехавших в регион.

Для адаптивных реакций в Арктической зоне РФ жителей Индии характерным является и значительное увеличение у них УПП в лобных отделах мозга, и это может быть связано с активацией управляющих функций, центры которых находятся во фронтальных отделах мозга, и централизацией регуляторных процессов.

Изменения распределения УПП при пробе с локальным охлаждением в значительной степени соответствуют изменениям церебральных энергозатрат при адаптивных реакциях в натуральных условиях.

Следовательно, адаптивные изменения распределения УПП в неблагоприятных условиях арктического региона носят однонаправленный и неспецифический характер, не зависят от пола, возраста и северного стажа и, очевидно, отражают состояние церебрального энергообмена в условиях функционального напряжения организма в неблагоприятных условиях. По мнению В. Ф. Фокина и Н. В. Пономаревой [16], эти изменения соответствуют нейрофизиологическим проявлениям начальной стадии стресса. Так, при определении взаимосвязи между параметрами УПП головного мозга и уровнем гормона стресса кортизола было выявлено, что при повышении содержания кортизола уровень УПП достоверно увеличивался в лобной, затылочной и правой височной областях. Важно подчеркнуть, что при стрессе менялся знак межполушарной разности УПП, что свидетельствовало об изменении соотношения интенсивности энергетического обмена в обоих полушариях. Было выдвинуто предположение о более тесной связи правого полушария с регуляцией вегетативных центров, чем левого.

Аналогичные изменения были выявлены нами в рамках настоящего исследования. Изменения УПП при адаптивных реакциях человека в условиях Арктической зоны РФ характеризуются высокими энергозатратами головного мозга, нарушениями «куполообразности», формированием правополушарного доминирования и наблюдаются и у жителей Арктической зоны, и у мигрантов, а также при холодной локальной пробе. Следовательно, церебральный энергообмен может характеризоваться как маркер адаптивных реакций ЦНС, а перестройка энергетических процессов в ЦНС при адаптации человека к климатогеографическим условиям Арктической зоны, по нашему мнению, объективно и вполне оправданно укладывается в понятие «синдром адаптационного профицита церебрального энергообмена». Величина

этого профицита может зависеть от фазы адаптации и «биосоциальной платы» за нее.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Архангельской области в рамках научного проекта № 18-44-290006.*

#### Авторство

Грибанову А. В. принадлежит идея статьи, он внес существенный вклад в получение, анализ, интерпретацию данных, подготовил окончательный вариант статьи; Аникина Н. Ю. внесла существенный вклад в проведение исследования, участвовала в анализе и интерпретации данных; Гудков А. Б. внес существенный вклад в интерпретацию данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись

Грибанов Анатолий Владимирович – SPIN 2788-8167; ORCID 0000-0002-4714-6408

Аникина Наталья Юрьевна – SPIN 1168-4705

Гудков Андрей Борисович – SPIN 4369-3372; ORCID 0000-0001-5923-0941

#### Список литературы

1. Грибанов А. В., Аникина Н. Ю. Распределение уровня постоянного потенциала головного мозга у иностранных студентов при локальном охлаждении во влажной среде (на примере вузов г. Архангельска) // Журнал медико-биологических исследований. 2017. Т. 5, № 1. С. 5–15.
2. Грибанов А. В., Денутат И. С. Распределение уровня постоянного потенциала головного мозга у пожилых женщин в циркумполярных условиях // Физиология человека. 2015. Т. 41, № 3. С. 134–136.
3. Грибанов А. В., Денутат И. С. Характеристика энергетического обмена головного мозга у мужчин и женщин пожилого возраста, проживающих в приполярном регионе // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2014. № 2 (48). С. 124–126.
4. Грибанов А. В., Панков М. Н., Подоплекин А. Н. Уровень постоянных потенциалов головного мозга у детей при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 6. 43–48.
5. Гудков А. Б., Попова О. Н., Скрипаль Б. А. Реакция системы внешнего дыхания на локальное охлаждение у молодых лиц трудоспособного возраста // Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 4. С. 26–30.
6. Гудков А. Б., Попова О. Н., Никанов А. Н. Адаптивные реакции внешнего дыхания у работающих в условиях Европейского Севера // Медицина труда и промышленная экология. 2010. № 4. С. 24–27.
7. Денутат И. С., Грибанов А. В., Большевидцева И. Л. Особенности энергетического обмена головного мозга у жительниц Европейского Севера России в пожилом возрасте (на примере Архангельской области) // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2016. № 4. С. 5–12.
8. Денутат И. С., Грибанов А. В., Нехорошкова А. Н., Мороз Т. П. Особенности распределения уровня постоянного потенциала головного мозга у женщин пожилого возраста с постуральной нестабильностью // Успехи геронтологии. 2015. Т. 28, № 4. С. 749–754.
9. Денутат И. С., Грибанов А. В., Нехорошкова А. Н., Старцева Л. Ф., Большевидцева И. Л. Энергетическое состояние головного мозга у женщин пожилого возраста, проживающих в условиях Севера // Экология человека. 2016. № 9. С. 40–45.
10. Джос Ю. С., Нехорошкова А. Н., Грибанов А. В. Особенности электроэнцефалограммы и распределения

уровня постоянного потенциала головного мозга у детей-северян младшего школьного возраста // Экология человека. 2014. № 12. С. 15–20.

11. Илюхина В. А. Нейрофизиология функциональных состояний человека. Л.: Наука, 1986. 171 с.

12. 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.

13. Кулаичев А. П. Компьютерная электрофизиология в клинической и исследовательской практике. М.: Информатика и компьютеры, 1999. 341 с.

14. Нехорошкова А. Н., Грибанов А. В. Распределение уровня постоянного потенциала головного мозга у младших школьников с высокой тревожностью // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015. № 3. С. 30–36.

15. Смирнов В. М., Сперанский М. М. Медленные биоэлектрические процессы коры и глубоких структур мозга человека и эмоциональное поведение // Вопросы психологии. 1972. № 3. С. 21–38.

16. Фокин В. Ф., Пономарева Н. В. Энергетическая физиология мозга. М.: Антидор, 2003. 288 с.

17. Хаснулин В. И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН, 1998. 337 с.

18. Чащин В. П., Гудков А. Б., Чащин М. В., Попова О. Н. Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода // Экология человека. 2017. № 5. С. 3–13.

19. Bauer H., Korunka C., Leodolter M. Technical requirements for high-quality scalp DC recordings // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1989. Vol. 72, N 6. P. 545–547.

20. Caspers H., Speckmann E.-J. Cortical DC shifts associated with changes of gas tensions in blood and tissue // Handbook of Electroencephal. and Clin. Neurophysiol. Amsterdam. 1974. Part. A. P. 41–65.

21. Chugani H. T. Development of regional brain glucose metabolism in relation to behavior and plasticity // Human Behavior and the Developing Brain / Eds. G. Dawson, K. W. Fisher. N. Y.; L., 1994. P. 153–175.

22. Curry S. H., Pleydell Pearse C. Use of DC recording in the demonstration of functional specialization // J. Med. Eng. Technol. 1995. Vol. 19, N 2–3. P. 42–51.

23. Delahaj R., Gaillard A. W. K., & Dam K. Hardiness and the response to stressful situations: Investigating mediating processes // Personality and Individual Differences. 2010. Vol. 49. P. 386–390.

24. Everly G. S., Lating J. M. The Concept of Stress // A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response. Springer, NY, 2013. P. 3–15.

25. Fan S., Hansen M. E., Lo Y., Tishkoff S. A. Going global by adapting local: a review of recent human adaptation // Science. 2016. Vol. 354. P. 54–59.

26. Lang W., Lang M., Podreca I., et al. DC-potential shifts and regional cerebral blood flow reveal frontal cortex involvement in human visuomotor learning // Exp. Brain Res. 1988. Vol. 71, N 2. P. 353–364.

27. Murik S. The use of DC/EEG to estimate functional and metabolic state of nervous tissue of the brain at hyper- and hypoventilation // World Journal of Neuroscience. 2012. N 2. P. 172–182.

28. Sazzini M., Schiavo G., De Fanti S., Martelli P. L., Casadio R., Luiselli D. Searching for signatures of cold adaptations in modern and archaic humans: hints from the brown adipose tissue genes // Heredity (Edinb). 2014. Vol. 113. P. 259–267.

29. Tomita Gotoh S., Hayashida Y. Scalp-recorded direct current potential shifts induced by hypocapnia and hypercapnia in humans // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1996. Vol. 99, N 1. P. 90–97.

## References

1. Griбанov A. V., Anikina N. Yu. Distribution of cerebral dc potential level in foreign students at local cooling in humid environment (Exemplified by Arkhangelsk Universities). *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Medical and Biological Research]. 2017, 5 (1), pp. 5-15. [In Russian]

2. Griбанov A. V., Deputat I. S. Distribution of the DC-potential level in the brain of older women in the circumpolar region. *Fiziologiya cheloveka*. 2015, 41 (3), pp. 134-136. [In Russian]

3. Griбанov A. V., Deputat I. S. Characteristics of energy exchange brain in men and women of elderly in polar region. *Vestnik Ural'skoi Meditsinskoi Akademicheskoi Nauki* [Journal of Ural Medical Academic Science]. 2014, 2 (48), pp. 124-126. [In Russian]

4. Griбанov A. V., Pankov M. N., Podoplekin A. N. The level of cerebral DC potentials in children with attention deficit-hyperactivity disorder. *Fiziologiya cheloveka*. 2009, 35 (6), pp. 43-48. [In Russian]

5. Gudkov A. B., Popova O. N., Skripal' B. A. External respiration system reaction to local cooling of skin of young able-bodied persons. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009, 4, pp. 26-30. [In Russian]

6. Gudkov A. B., Popova O. N., Nikanov A. N. Adaptive reactions of external respiration in workers of European North. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2010, 4, pp. 24-27. [In Russian]

7. Deputat I. S., Griбанov A. V., Bol'shevidtseva I. L. Cerebral energy metabolism in older women living in the european north of russia (Exemplified by the Arkhangelsk region). *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki* [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Medical and Biological Sciences]. 2016, 4, pp. 5-12. [In Russian]

8. Deputat I. S., Griбанov A. V., Nekhoroshkova A. N., Moroz T. P. The dc-potential of the brain in older women with postural instability. *Uspekhi gerontologii* [Advances in Gerontology]. 2015, 28 (4), pp. 749-754. [In Russian]

9. Deputat I. S., Griбанov A. V., Nekhoroshkova A. N., Startseva L. F., Bolshevidceva I. L. Brain energy state in elderly women living in the north. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 9, pp. 40-45. [In Russian]

10. Dzhos Yu. S., Nekhoroshkova A. N., Griбанov A. V. Peculiarities of EEG and Dc-Potential of the Brain in Northern Schoolchildren. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014, 12, pp. 15-20. [In Russian]

11. Ilyukhina V. A. *Neirofiziologiya funktsional'nykh sostoyanii cheloveka* [Neurophysiology of human functional states]. Leningrad, Science Publ., 1986, 171 p.

12. Kaznacheev V. P. *Sovremennye aspekty adaptatsii* [Modern aspects of adaptation]. Novosibirsk, Science Publ., 1980, 192 p.

13. Kulaichev A. P. *Komp'yuternaya ehlektrofiziologiya v klinicheskoi i issledovatel'skoi praktike* [Computer electrophysiology in clinical and research practice]. Moscow, Computer Science and Computers Publ., 1999, 341 p.

14. Nekhoroshkova A. N., Griбанov A. V. Distribution of dc potential level in primary school children with high level of anxiety. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo*

universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Medical and Biological Sciences]. 2015, 3, pp. 30-36. [In Russian]

15. Smirnov V. M., Speransky M. M. Slow bioelectric processes of the cortex and deep structures of the human brain and emotional behavior. *Voprosy psikhologii*. 1972, 3, pp. 21-38. [In Russian]

16. Fokin V. F., Ponomareva N. V. *Energeticheskaja fiziologija mozga* [Energy brain physiology]. Moscow. Antidor Publ., 2003, 288 p.

17. Khasnulin V. I. *Vvedenie v polyarnuyu meditsinu* [Introduction to the polar medicine]. Novosibirsk, 1998, 337 p.

18. Chashchin V. P., Gudkov A. B., Chashchin M. P., Popova O. N. Predictive assessment of individual human susceptibility to damaging cold exposure. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 5, pp. 3-13. [In Russian]

19. Bauer H., Korunka C., Leodolter M. Technical requirements for high-quality scalp DC recordings. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1989, 72 (6), pp. 545-547.

20. Caspers H., Speckmann E.-J. Cortical DC shifts associated with changes of gas tensions in blood and tissue. In: *Handbook of Electroencephal. and Clin. Neurophysiol.* Amsterdam, 1974, pt. A, pp. 41-65.

21. Chugani H. T. Development of regional brain glucose metabolism in relation to behavior and plasticity. In: *Human Behavior and the Developing Brain*. Eds. G. Dawson, K. W. Fisher. N.Y.; L., 1994, pp. 153-175.

22. Curry S. H., Pleydell Pearse C. Use of DC recording in the demonstration of functional specialization. *J. Med. Eng. Technol.* 1995, 19 (2-3), pp. 42-51.

23. Delahajj R., Gaillard A. W. K., & Dam K. Hardiness and the response to stressful situations : Investigating mediating processes. *Personality and Individual Differences*. 2010, 49, pp. 386-390.

24. Everly G. S., Lating J. M. The Concept of Stress. In: *A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response*. Springer, NY, 2013, pp. 3-15.

25. Fan S., Hansen M. E., Lo Y., Tishkoff S. A. Going global by adapting local : a review of recent human adaptation. *Science*. 2016, 354, pp. 54-59.

26. Lang W., Lang M., Podreca I., et al. DC-potential shifts and regional cerebral blood flow reveal frontal cortex involvement in human visuomotor learning. *Exp. Brain Res*. 1988, 71 (2), pp. 353-364.

27. Murik S. The use of DC/EEG to estimate functional and metabolic state of nervous tissue of the brain at hyper- and hypoventilation. *World Journal of Neuroscience*. 2012, 2, pp. 172-182.

28. Sazzini M., Schiavo G., De Fanti S., Martelli P. L., Casadio R., Luiselli D. Searching for signatures of cold adaptations in modern and archaic humans : hints from the brown adipose tissue genes. *Heredity (Edinb)*. 2014, 113, pp. 259-267.

29. Tomita Gotoh S., Hayashida Y. Scalp-recorded direct current potential shifts induced by hypocapnia and hypercapnia in humans. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1996, 99 (1), pp. 90-97.

#### Контактная информация:

Грибанов Анатолий Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории функциональных резервов организма института медико-биологических исследований ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник высшей школы РФ.

Адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3  
E-mail: a.gribanov@narfu.ru