

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

# **ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И КАТАСТРОФЫ**

**Том II**

**ГЕОЛОГИЯ УРАНА,  
ГЕОЭКОЛОГИЯ, ГЛЯЦИОЛОГИЯ**

Москва  
2011

УДК 504.0  
ББК 26.2  
Г35

**Экстремальные природные явления и катастрофы** : в 2 т. / Отв. ред. А.О. Глико;  
ИФЗ РАН. – М. : ИФЗ РАН, 2010; 2011.

ISBN 978-5-91682-012-6

**Г35** Т. 2 : **Геология урана, геэкология, гляциология** / Отв. ред. В.М. Котляков, ИГ РАН;  
отв. сост. А.Л. Собисевич, ИФЗ РАН; – М. : ИФЗ РАН, 2011.

ISBN 978-5-91682-014-0

Во втором томе коллективной монографии изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований, связанных с изучением актуальных проблем современной геологии урановых месторождений, геэкологии и гляциологии, имеющих целью обеспечение безопасности населения и важных промышленных объектов на территории Российской Федерации. Анализируются основные промышленно-генетические типы урановых месторождений; рассмотрены новые прогрессивные технологии добычи радиоактивных материалов; изучено поведение актинидов в условиях долгосрочного хранения и захоронения отработанного ядерного топлива. Полученные научные результаты отражают современные проблемы безопасности атомной энергетики.

Приведены новые научные данные, связанные с изучением эволюции Антарктического и арктических ледниковых покровов, от состояния которых зависит уровень Мирового океана. Достаточно внимания уделено геэкологическим проблемам Северного Кавказа. Анализируются уникальные данные, полученные при проведении глубокого кернового бурения ледника на Западном плато вулканической постройки Эльбруса.

Изучены наиболее опасные геэкологические процессы на территории РФ, которые могут привести к гибели людей, ранениям и потере здоровья, а также к значительным материальным ущербам; разработан специальный ГИС-проект, который является готовым к использованию продуктом со всеми элементами, присущими автоматизированной информационной системе специального назначения, содержащей развернутые базы данных.

Полученные новые научные результаты и разработанные технологии уже востребованы на практике.

Для специалистов в области наук о Земле, строительства и чрезвычайных ситуаций.

УДК 504.0  
ББК 26.2

The Volume II of the collective monograph presents the results of both theoretical and experimental studies of actual problems of modern geology of uranium deposits, geoecology and glaciology in order to mitigate issues on public safety and potentially hazardous industrial facilities and consequent risks on the territory of Russian Federation. Primary types of industrial uranium ore deposits are analysed, new progressive technologies of prospecting of radioactive materials are considered, the behaviour of actinides in long-time storages and nuclear waste burial sites are studied. The results obtained represent modern safety problems of nuclear power engineering.

New scientific data related to evolution of glaciers in Arctic and Antarctica governing the global level of world ocean are presented. Specific attention is paid to geoecological problems in Northern Caucasus. Genuine data gathered in the course of deep core drilling on the Western plateau of the Elbrus volcano.

Most significant hazardous geoecological processes on the territory of Russian Federation, threatening populated areas in terms of human health and injury, substantial property damage are studied. The specialized geographical information system (GIS) is the database driven product with high level of automation and it has been developed in frames of the actual research initiative.

The new fundamental scientific results obtained and the new technologies developed are of particular interest for practical applications.

The book will satisfy the needs of specialists in Earth sciences, industrial construction applications and hazard assessment.

ISBN 978-5-91682-014-0  
ISBN 978-5-91682-012-6

© Российская академия наук, 2011  
© Коллектив авторов, 2011

С.И. Сороко, В.П. Рожков, Е.Г. Сергеева, С.С. Бекишаев, С.С. Андреева, И.В. Николаев

# ОСОБЕННОСТИ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И ГЕМОДИНАМИКИ МОЗГА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО СЕВЕРА

Межинститутская лаборатория сравнительных эколого-физиологических исследований  
Учреждения Российской академии наук Института эволюционной физиологии и биохимии  
им. И.М. Сеченова РАН и Научно-исследовательского центра «Арктика» ДВО РАН, Санкт-Петербург

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение особенностей и закономерностей воздействия факторов внешней среды на морфофункциональное развитие растущего организма имеет важное значение, как для понимания физиологических основ адаптации, так и для разработки фундаментальных подходов к решению проблем физиологии развития. Механизмы адаптации реализуются и развиваются в ходе индивидуального развития (онтогенеза) [Казначеев, 1980; Медведев, 2003]. В результате постоянного воздействия определенных факторов внешней среды на организм в пре- и постнатальном развитии возникают приспособительные механизмы (популяционные адаптации [Слоним, 1964]), которые могут быть связаны с морфофункциональными изменениями в ряде систем организма [Данишевский, 1968; Кандрор, 1968; Максимов и др., 2007; Сороко и др., 2007].

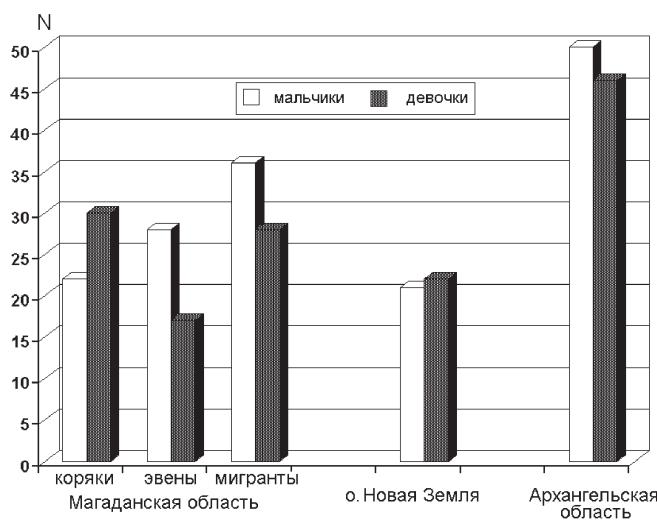
Сочетание неблагоприятных природно-климатических, социально-бытовых условий, загрязнение окружающей среды оказывают негативное влияние на организм, обусловливая развитие двух видов негативных реакций: сокращение резервных возможностей и торможение возрастного развития у детей. В основе этих негативных реакций лежит повышенный уровень затрат на гомеостатическое регулирование и обеспечение обмена веществ с формированием дефицита биоэнергетического субстрата [Ткачев, 2004; Бойко, 2005].

Торможение возрастного развития детей, родившихся на Севере, подтверждается дефицитом роста и окружности грудной клетки, отставанием возраст-

ного формирования эндокринной, репродуктивной, иммунной систем [Годовых и др., 2007].

Структурно-функциональные изменения мозга являются основой перестроек биоэлектрической активности в процессе онтогенеза. Установлена высокая прогностическая ценность ЭЭГ для определения симптомов функциональной незрелости мозга [Новикова, Фарбер, 1975; Matousek, Petersen, 1973; Wackermann, Matousek, 1998]. Рисунок ЭЭГ в значительной мере генетически детерминирован [Меикова, Равич-Щербо, 1978; Eischen et al., 1995], однако на формирование ЭЭГ оказывают влияние социально-бытовые условия жизни, при их низком уровне темпы созревания мозга замедляются [Harmony et al., 1990; Otero, 1994]. В.В. Алферова и Д.А. Фарбер (1990) в процессе формирования ЭЭГ обращают внимание на ряд узловых («критических») периодов развития. При этом адаптация к школьным нагрузкам предъявляет повышенные требования к ЦНС, поэтому у детей с признаками функциональной незрелости мозга (по данным ЭЭГ) обнаруживаются комплексные проблемы обучения [Лукашевич и др., 1994; Кропотов, 2005; Marosi et al., 1992].

В результате многолетних (2003–2009 гг.) комплексных инструментально-диагностических обследований учащихся 1–11 классов сельской школы Конюшского района Архангельской области (проведено 17 экспедиций на базе геобиосферного стационара «Ротковец» Российской академии наук), учеников средней школы поселка Северо-Эвенск Магаданской области и поселка Белушья Губа острова Новая Земля (сведения о количестве обследованных детей представлены на рис. 1) получены приоритетные данные о темпах и особенностях морфофункционального раз-



**Рис. 1.** Количество обследованных детей и подростков из трех северных регионов РФ.

По оси ординат – количество обследованных школьников

вия и формирования интегративных функций мозга у детей в условиях Севера. Сравнение данных, полученных в условиях буферной климатической зоны (Коношский район Архангельской области), севера Магаданской области и Заполярной зоны с суровыми климатическими условиями и экологически неблагополучной средой (о. Новая Земля), позволяло оценить, насколько климатические и экологические факторы модулируют процесс возрастного и физического развития детского организма и формирование адаптивных реакций.

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРА НА ВОЗРАСТНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА (ЭЭГ) У ШКОЛЬНИКОВ

Установлено, что воздействие сложных климатогеографических и социально-экономических условий, предъявляющих повышенные требования к физиологическим системам, вызывает не только функциональные отклонения, обусловленные состоянием напряжения регуляторных систем организма ребенка («критические состояния развития»), но и замедление темпов «созревания» нейрофизиологических механизмов мозга. Лишь у 30 % школьников из Архангельской области основные характеристики биоэлектрической активности мозга и темпы формирования ЭЭГ соответствуют нормативам для Центрально-Европейской части России [Сергеева, 2009]. У 23 % детей наблюдается отставание в темпах формирования биоэлек-

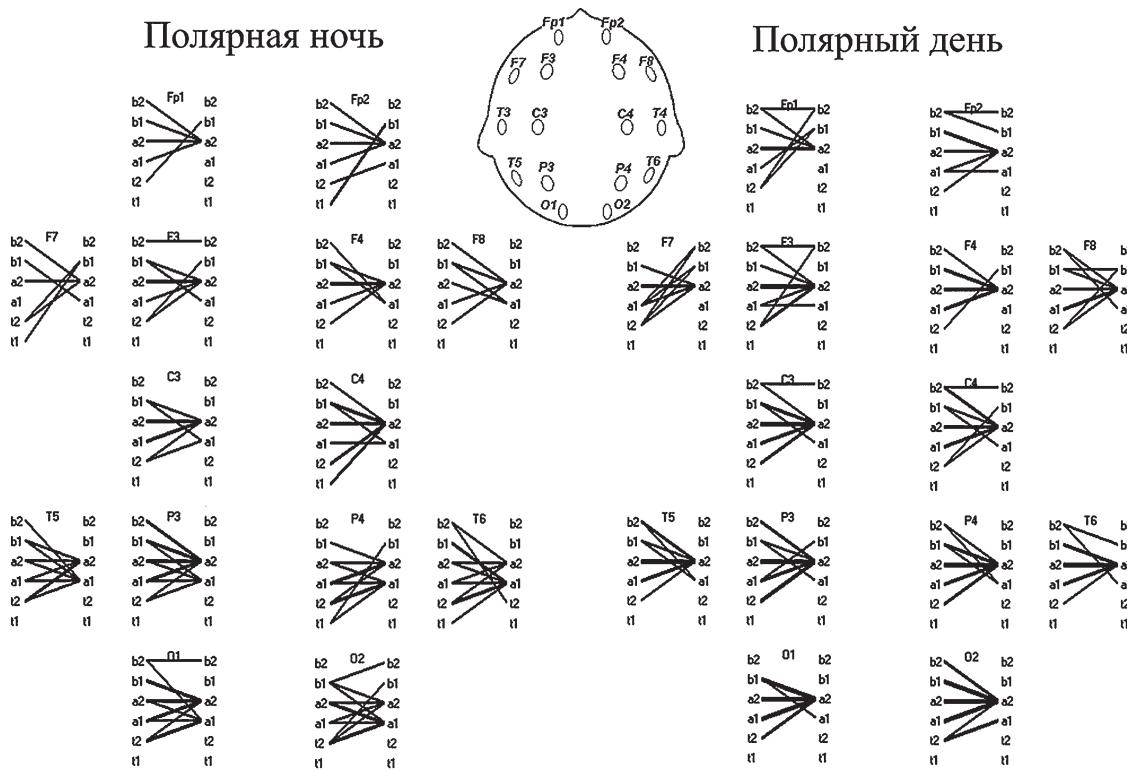
трической активности мозга на 1,5–2 года [Сороко и др., 2006], что совпадает с задержками гормонального и физического (по морфометрическим показателям) развития.

Полученные результаты свидетельствуют о продолжающемся в течение всего периода обучения в школе процессе формирования ЦНС у детей. Данные спектрального анализа, характеризующего распределение активности в заданных диапазонах частот ЭЭГ, и изучение динамики взаимопереводов между волновыми компонентами, отражающих функциональное взаимодействие ритмов ЭЭГ свидетельствуют о неравномерности темпов (гетерохронности) созревания у детей школьного возраста нейрональных механизмов, которые лежат в основе формирования и взаимодействия физиологических ритмов ЭЭГ, в различных корковых регионах. В организации биоэлектрической активности мозга наиболее демонстративно снижение с возрастом у учащихся активности в дельта- и тета-диапазонах частот ЭЭГ, и относительное повышение мощности колебаний потенциалов в альфа2- и бета-диапазоне. Судя по динамике возрастных изменений мощности этих частотных составляющих ЭЭГ, более высокими темпами морфофункционального созревания отличаются лобно-центральные и височные регионы коры мозга, наименьшими – затылочные.

Обращает на себя внимание также относительное преобладание изменений в отведениях правого полушария. Исследования, выполненные в различных климатогеографических регионах Земли, показали, что уровень адаптационных возможностей взрослого человека во многом определяют индивидуальные особенности центральных и вегетативных механизмов регуляции [Сороко, 1984, 2004]. Существенную роль в механизмах адаптации, в поддержании оптимального функционального состояния физиологических систем и организма в целом играет функциональная асимметрия больших полушарий мозга [Симерницкая 1985; Хомская, 1987]. В ряде работ показано, что среди коренного населения Сибирского Севера и высокогорных районов значительно больше процент левшей, лиц с правополушарным и симметричным типом латерализации, что связывается с появлением генетически закрепленных специфических адаптаций, сопряженных с изменениями в работе целого ряда систем организма [Аршавский, 1988; Тыналиева, 2002].

Одновременно с морфологическими изменениями в нейронных структурах меняется внутренняя структура каждого ритма, его роль в организации и поддержании паттерна, что отражается в алгоритмах взаимодействия основных компонентов (волн) ЭЭГ у школьников разного возраста. Было установлено, что по мере взросления происходит увеличение упорядоченности временной структуры паттерна ЭЭГ, появление в которой соответствующих «функциональных ядер» обеспечивает устойчивость и пластичность межцентральных взаимодействий [Сороко и др., 2005, 2006].

Этот метод заключается в оценке условной вероятности появления какого-либо периода, при



**Рис. 2.** Характер структуры взаимодействия ритмов ЭЭГ, зарегистрированной в период полярной ночи и полярного дня по отведениям ЭЭГ.

На пиктограмме в средней верхней части рисунка указаны отведения ЭЭГ. Каждый график, в соответствующем отведении, отображает вероятность перехода от одного ритма ЭЭГ к другому. Толщина линии пропорциональна вероятности перехода. Частотные диапазоны имеют следующие обозначения:  $\beta 1$  – 30–17 Гц,  $\beta 2$  – 17–12 Гц,  $\alpha 1$  – 12–9 Гц,  $\alpha 2$  – 9–7 Гц,  $\theta 1$  – 7–5 Гц,  $\theta 2$  – 5–3,5 Гц

условии непосредственного предшествования ему какого-либо другого периода, исходя из их временной последовательности. Оценив указанную вероятность для всех периодов, получим матрицу вероятностей переходов между различными частотными диапазонами ЭЭГ, так называемую матрицу вероятностей переходов.

Для наглядного представления матриц переходных вероятностей строился график (рис. 2), для описания которого были использованы понятия теории потоков в сетях [Басакер, Саати, 1974]. Согласно данной теории, некоторая вершина в графике является источником, стоком или сохраняющей поток, если разность между суммой входящих в нее и выходящих из нее вероятностей будет положительной, отрицательной или нулевой соответственно.

Численно величину потоков рассчитывали по матрице вероятностей переходов, для каждой  $i$ -й частотной компоненты ЭЭГ, оценивали численный параметр  $\Pi_i$  (поток) по формуле:

$$\Pi_i = 1 - \sum P_{ji},$$

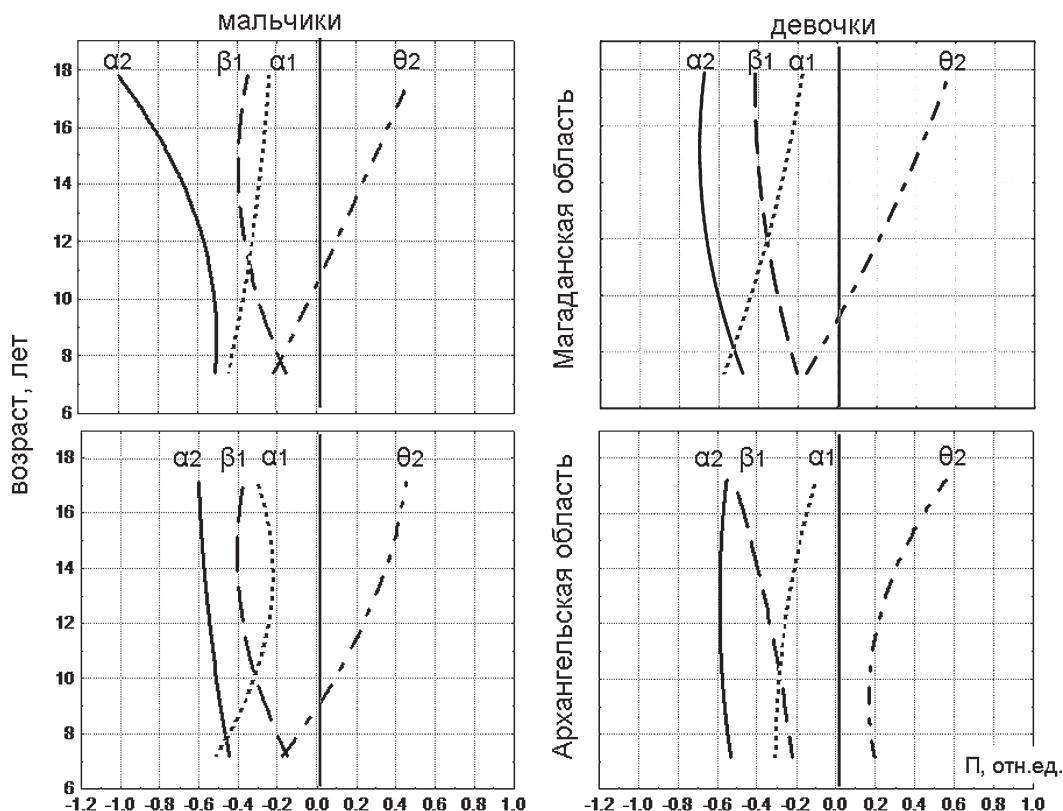
где  $P$  – условная вероятность перехода из  $j$  в  $i$ ;  $i, j$  – бета2, бета1, альфа2, альфа1, тета2, тета1, дельта – компоненты ЭЭГ.

Сумма  $P_{ji}$  равна суммарной вероятности перехода из  $i$ -й компоненте от всех остальных компонент. Если

$\Pi_i < 0$ , то ритмическая компонента ЭЭГ с номером  $i$  называется «стоком» и участвует в формировании устойчивого «функционального ядра» ЭЭГ [Сороко и др., 1990]. Если  $\Pi_i > 0$ , то ритмическая компонента ЭЭГ с номером  $i$  называется «источником». Переход  $\Pi_i$  через нулевое значение является критическим моментом в перестройке паттерна ЭЭГ.

Переход величины показателя потока из области отрицательных значений в область положительных значений будет характеризовать тенденцию к дисси- пации, рассеянию «энергии» компонента, тогда как переход из области положительных значений к отрицательным – к аккумуляции, притяжению, формированию функционального «ядра» взаимодействия.

Установлено, что в основе регионально-специфических перестроек ЭЭГ лежит изменение роли низкочастотных и высокочастотных диапазонов в организации взаимодействия волновых компонентов ЭЭГ в динамике возрастного развития у школьников (рис. 3). Общей тенденцией организации такого взаимодействия является постепенное замещение тета2- и альфа1-«ядра» альфа2-«ядром» функционального взаимодействия. Чем больше возраст ребенка, тем более низкочастотные тета- и альфа1-диапазоны ЭЭГ в лобно-централизованных, теменных и затылочных регионах становятся только «донорами» («источниками») волн-



**Рис. 3.** Возрастная динамика показателей «потоки» (характеризующих частотные диапазоны ЭЭГ в качестве «истоков» или «стоков» волн в образовании «ядер» функционального взаимодействия) для лобных корковых областей у мальчиков и девочек из Архангельской и Магаданской областей.

По оси абсцисс:  $P$  – величина показателя «поток» в относительных единицах, по оси ординат – возраст в годах.

$\theta_2, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1$  – частотные диапазоны ЭЭГ. Кривые – полиномиальная (2 порядка) аппроксимация распределения величин «потоков» в зависимости от возраста.

Если  $P < 0$ , то ритмическая компонента ЭЭГ называется «стоком» и участвует в формировании устойчивого «функционального ядра» ЭЭГ. Если  $P > 0$ , то ритмическая компонента ЭЭГ называется «источником». Переход  $P$  через нулевое значение является критическим моментом в перестройке паттерна ЭЭГ

новых компонентов, при этом повышается значение альфа2- бета1-диапазона в качестве «акцепторов» («стоков») волновых компонентов ЭЭГ, что позволяет рассматривать их в роли «ядер» функционального взаимодействия.

Для височно-лобных регионов на фоне относительно высоких значений спектральной мощности тетаактивности (превышающей у детей-северян в сравнении с их сверстниками из Центрального региона) сохраняется значение тета2-диапазона как субдоминирующего ядра функционального взаимодействия волновых компонентов ЭЭГ, что может отражать более высокую степень напряжения регуляторных влияний структур лимбико-диэнцефального уровня. В определенных возрастных диапазонах: в начале периода второго детства (7–9 лет) и конце подросткового периода (15–17 лет) девочки опережают мальчиков по темпам формирования организации взаимодействия между волновыми компонентами ЭЭГ.

На основании анализа вероятностных потоков, можно выделить критические периоды формирова-

ния биоэлектрической активности. У школьников из Архангельской области разрушение тета2-ядра взаимодействия ритмов ЭЭГ (переход тета2-диапазона из разряда «акцепторов» волн в разряд «доноров») для лобных областей (рис. 3) приходится у мальчиков на возраст 9 лет, у школьников севера Магаданской области (суровые климатическими условия) – на возраст 10,5 лет. У девочек из Магаданской области это происходит несколько раньше, чем у мальчиков – в 9 летнем возрасте (при этом у школьниц из Архангельской области ядро тета2-взаимодействия не выявляется во все). Таким образом, задержка моррофункционального развития у детей севера Магаданской области в сравнении с детьми Архангельской области составляет не менее полутора лет (а в сопоставлении с детьми Центрального региона – до 2,5–3 лет).

Важную роль в определении темпов созревания ЭЭГ различных областей коры играют регуляторные влияния со стороны подкорковых структур, прежде всего лимбико-ретикулярного комплекса, занимающих ключевые позиции в обеспечении адаптивных

реакций целого организма в сложных природно-климатических условиях Севера. Эти влияния не только модулируют текущую корковую активность, но и при определенной степени напряжения регуляторных механизмов могут обусловить регионально-специфичную задержку темпов формирования ЭЭГ в области соответствующих корковых проекций регуляторных систем мозга.

В рамках мониторинга здоровья детей школьного возраста, проживающих за Полярным кругом (о. Новая Земля), проведен сравнительный анализ динамики основных ритмов ЭЭГ и структуры их взаимодействия в период полярной ночи и полярного дня у детей 7–12 лет и 13–17 лет [Сороко и др., 2009]. У детей обеих возрастных групп спектральная мощность ритмов ЭЭГ в период полярной ночи превышает таковые в период полярного дня практически по всем отведениям ЭЭГ, при этом в период полярной ночи сглаживаются различия между состоянием покоя с открытыми и закрытыми глазами по мощности ЭЭГ.

Как в период полярного дня, так и полярной ночи, функциональным ядром в организации паттерна ЭЭГ является альфа-ритм, однако величина вероятности взаимосвязи между отдельными частотами ритмами ЭЭГ меняется. Характерной особенностью временной структуры паттерна ЭЭГ в полярный день является функциональное ядро взаимодействия ритмов ЭЭГ в диапазоне «быстрого» альфа-ритма (9,0–12,0 Гц), которое доминирует во всех отведениях и тесно связано с бета-ритмом. В полярную ночь отмечается формирование второго функционального ядра взаимодействия уже в диапазоне «медленного» (7,5–9,0 Гц) альфа-ритма (рис. 2).

Сдвиг частотного спектра ЭЭГ в сторону медленноволнового диапазона у детей в полярную ночь, с одной стороны, отражает снижение общего уровня активации мозга вследствие сокращения афферентации со стороны зрительной системы (относительная сенсорная депривация) и вынужденной гиподинамии в этот период года в связи с суровыми погодными условиями, с другой – перестройки механизмов саморегуляции мозга, направленные на формирования нового адаптивного состояния организма с целью поддержания его жизнедеятельности и работоспособности в суровых климатических и специфических социальных условиях. Существенный рост тета-индекса ЭЭГ, может свидетельствовать о снижении тормозного контроля со стороны коры на подкорковые образования, в связи с чем в механизмах саморегуляции мозга начинают преобладать гипоталамо-диэнцефальные влияния. Следовательно, изменение характера взаимодействия между основными ритмами ЭЭГ в полярную ночь свидетельствует о том, что поддержание оптимального уровня мозгового гомеостаза осуществляется в этот период при высокой напряженности тормозных процессов с последующей общей астенизацией организма. Нельзя исключить и влияния нарастающего в полярную ночь общего утомления и понижения неспецифи-

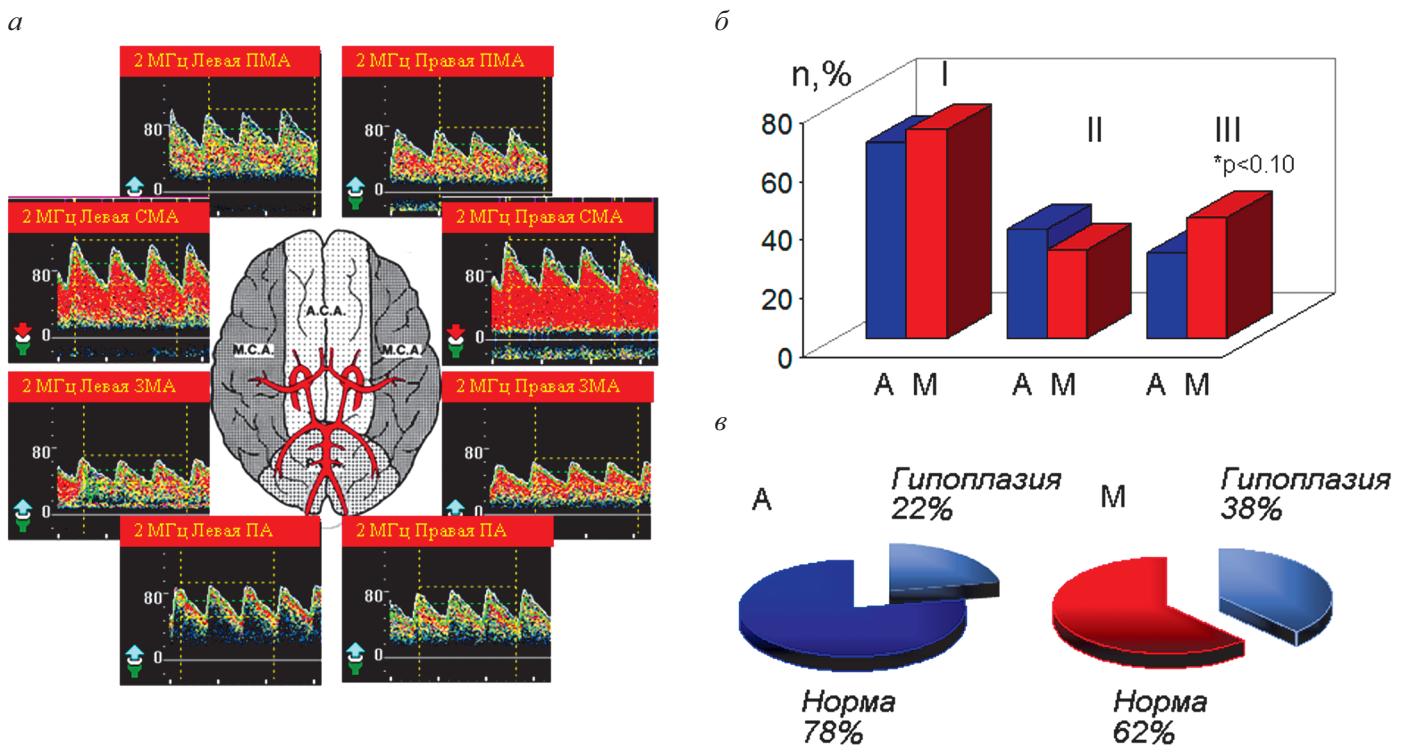
ческой резистентности организма, в которых существенную роль играет дефицит общей и ультрафиолетовой солнечной радиации, развитияavitaminозов и микроэлементозов.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЕВРОПЕЙСКОМ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ СЕВЕРЕ РФ

Сердечно-сосудистая система играет важную роль в адаптации организма человека к условиям окружающей среды [Агаджанян, 1983; Рощевский и др., 1995]. Поэтому исследование регуляторных механизмов гемодинамики в значительной степени позволяет судить об адаптационных возможностях организма. Аппарат кровообращения служит маркером характера адаптационных процессов в организме и одним из первых сигнализирует о состояниях напряжения, истощения и патологии [Rappoport, 1979]. Возрастное развитие гемодинамики у детей Европейского Севера в процессе школьного обучения характеризуется формированием гиперкинетического типа кровообращения, свидетельствующего о напряженном характере адаптации к условиям внешней среды. Адаптивные реакции к контрастным сезонным изменениям природных факторов связаны с механизмами регуляции различных звеньев системы кровообращения у школьников всех возрастных групп [Евдокимов и др., 2007]. В период «биологических» полярных сумерек срочная и долговременная адаптация сердца к физическим нагрузкам характеризуется снижением сократительной функции миокарда, ухудшением экономичности и эффективности сердечных сокращений, поэтому на фоне интенсивных нагрузок возрастает вероятность развития дизадаптации сердца.

Между тем, сведения об особенностях гемодинамики мозга и ее регуляции у детей-северян, адаптивных перестройках в связи с резкими сезонными изменениями природно-климатических факторов, резервах цереброваскулярной реактивности практически отсутствуют. При этом скрытые нарушения мозгового кровотока, снижение цереброваскулярной реактивности могут быть в числе ведущих причин, обуславливающих срыв адаптации и замедление морфофункционального развития ЦНС.

Нами впервые у детей Европейского и Дальневосточного Севера РФ проведено массовое обследование мозгового кровотока при помощи современного метода ультразвуковой экстра- и транскраниальной допплерографии. Установлено, что у 95 % детей артериальная система мозга имела типичное строение, однако частично разомкнутый виллизиев круг за счет гипоплазии одной из задних соединительных артерий обнаружен у 22 % и 38 % детей из Архангельской



**Рис. 4.** Характеристика мозгового кровотока в каротидном и вертебрально-базилярном бассейне у школьников из Архангельской (A) и Магаданской (M) областей.

а – допплерограммы артерий основания мозга; по осям абсцисс – время в с, по осям ординат – линейная скорость кровотока в см/с; СМА – среднемозговая, ПМА – переднемозговая, ЗМА – заднемозговая, ПА – позвоночная артерии.

б – по оси ординат: n – частота асимметрий скоростей кровотока (в процентах); по оси абсцисс: I – всего случаев, II – в каротидном бассейне, III – в вертебрально-базилярном бассейне.

в – количество детей с гипоплазией одной из задних соединительных артерий

и Магаданской областей, соответственно (рис. 4, в). Асимметрия линейных скоростей кровотока по одной или двум парам одноименных церебральных артериям левой и правой стороны обнаружена у 67 % (Архангельская область) и 71 % (Магаданская область) детей (рис. 4, б). У детей Архангельской области асимметрия скоростей кровотока чаще выявлялась для артерий каротидного, чем вертебрально-базилярного бассейна (37 % против 29 %), у детей Магаданской области эта асимметрия чаще обнаруживалась для артерий вертебрально-базилярного бассейна (30 % для каротидного бассейна против 41 % для вертебрально-базилярного). У детей, проживающих в суровых климатических условиях севера Магаданской области, частота обнаружения признаков дефицита кровоснабжения в вертебрально-базилярном бассейне выше, чем у детей, проживающих на той же широте в Архангельской области.

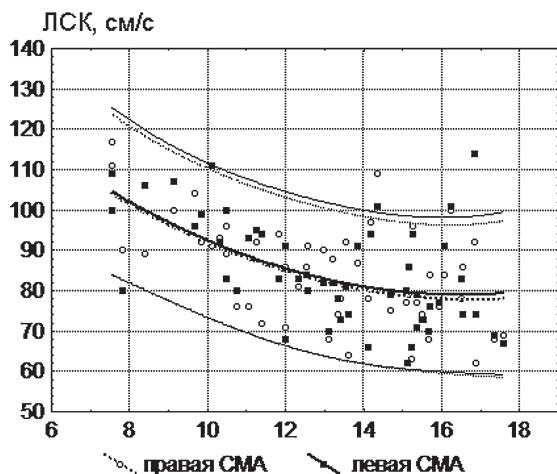
Линейные скорости кровотока (ЛСК) в магистральных артериях каротидного бассейна у школьников закономерно уменьшались с возрастом (рис. 5) и значимо не отличались от нормативных показателей [Bode, 1988; Королева, 2000; Росин, 2004]. Примечательно, что темпы снижения ЛСК у школьников из Архангельской области «опережали» таковые у школьников из Магаданской области.

Величины индекса сопротивления (RI) у детей обоих регионов были меньше, чем у сверстников из Санкт-Петербурга, что может свидетельствовать об относительно сниженном тонусе сосудов резистивного типа у детей-северян.

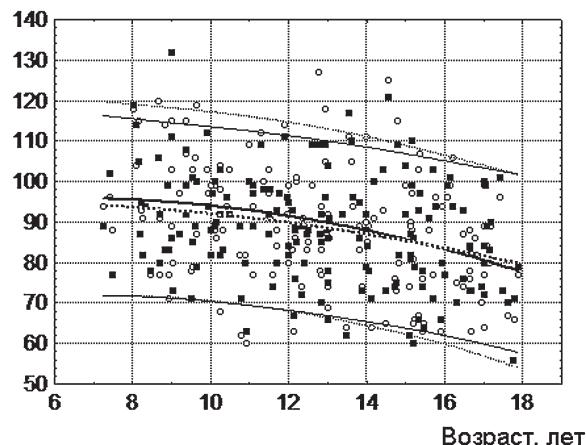
Впервые проведено скрининг-обследование школьников (Архангельская область) с использованием методов функциональной допплерографии с целью выявления скрытых нарушений гемодинамики в вертебрально-базилярном бассейне. У большинства детей выявлена та или иная степень компрессии позвоночной артерии в области C1-C2 – шейных позвонков при повороте головы, причем у 71 % школьников степень воздействия соответствовала гемодинамически значимому стенозу. У 16 % детей снижение кровотока по одной (редко по обеим) позвоночным артериям превышало 60 %.

При этом у всех детей снижение линейной скорости кровотока в одной из позвоночных артерий полностью компенсировано повышением скорости кровотока в другой позвоночной артерии. Допплерографические признаки дистонии позвоночных артерий и (или) асимметрии скоростей кровотока выявлены у 79 % обследованных школьников. У этих детей можно предполагать наличие скрытых нарушений кровото-

## Архангельская область



## Магаданская область



**Рис 5.** Изменения линейных скоростей кровотока (ЛСК) по среднемозговым артериям (СМА) с возрастом у школьников из Архангельской и Магаданской областей

По оси абсцисс – возраст в годах, по оси ординат – ЛСК в см/с.

Индивидуальные величины ЛСК для каждого школьника представлены значками. Линия тренда – полиномиальная экстраполяция (второго порядка), с границами-предикторами 90 %

ка в бассейнах позвоночных артерий, обусловленных вертеброгенными влияниями (в связи с раздражением периартериального нервного сплетения или шейных симпатических сплетений).

Особенностью регуляции церебрального кровотока у обследованных школьников-северян, по-видимому, можно считать более низкую, чем у сверстников из центральных регионов РФ и Санкт-Петербурга, реактивность мозговых сосудов на гипо- и гиперкапнию.

Индекс вазомоторной реактивности (ИВМР), характеризующий весь диапазон реактивности церебральных сосудов (на гипокапнию и гиперкапнию), составил для правой СМА  $66 \pm 14$  %, для левой СМА  $64 \pm 15$  %, что также ниже аналогичного показателя ИВМР =  $85 \pm 14$  % для детей Санкт-Петербурга [Королева, 2000]. У мальчиков показатели реактивности на гиперкапнию и вазомоторной реактивности оказались несколько выше, чем у девочек. Сопоставление индексов констрикторной и дилататорной реакций показывает, что причиной снижения ИВМР зачастую оказывается слабая выраженность реакции на гиперкапнию. Это может свидетельствовать об исходно сниженном тонусе сосудов резистивного типа (прежде всего, артериол), по крайней мере, у 38 % детей, причем при ИВМР ниже 50–55 %, можно заподозрить наличие вегетативной сосудистой дистонии по гипотоническому типу. Исходно сниженный тонус сосудов резистивного типа, по-видимому, является причиной сниженной величины индекса сопротивления в обследованной выборке детей, в сравнении с детьми Санкт-Петербурга той же возрастной категории.

Реоэнцефалографические исследования с контролем сатурации гемоглобина кислородом в артериальной крови и тканевого напряжения углекислого газа позво-

лили уточнить особенности механизмов сосудистых реакций мозга в условиях гипоксии и гиперкапнии. Количественное сопоставление показателей кровотока и напряжения  $\text{CO}_2$  при проведении проб с гипервентиляцией и ре-респирацией показало, что, несмотря на важную роль углекислого газа в регуляции мозгового кровотока, большее значение у детей-северян имеет фактор индивидуальной чувствительности сосудов резистивного типа к изменениям напряжения  $\text{CO}_2$ . Установлены также региональные особенности реакции мозговых сосудов на гипокапнию и гиперкапнию у детей. В каротидном бассейне (фронтально-мостоидальные отведения РЭГ), кровоснабжающем корковые и подкорковые (конечный, межуточный мозг) отделы мозга, более выражена чувствительность к гипокапнии, в то время как в вертебрально-базилярном бассейне (окципитально-мостоидальные отведения) больше выражена чувствительность к гиперкапнии. По-видимому, такая избирательная чувствительность направлена на перераспределение мозгового кровотока в пользу стволовых отделов мозга, имеющих особое значение в обеспечении витальных функций организма. При воздействии экстремальных факторов окружающей среды, изменяющих условия кислородной и энергетической обеспеченности мозга, и связанными с этими колебаниями содержания углекислого газа в организме, такое перераспределение может иметь критическое значение. Установлена взаимосвязь между динамикой реактивности церебральных сосудов к гипоксемии, гипо- и гиперкапнии и показателями физической работоспособности у школьников разных возрастных групп. Впервые показано, что низкая физическая работоспособность и низкая устойчивость внимания школьников сочетаются с относительно

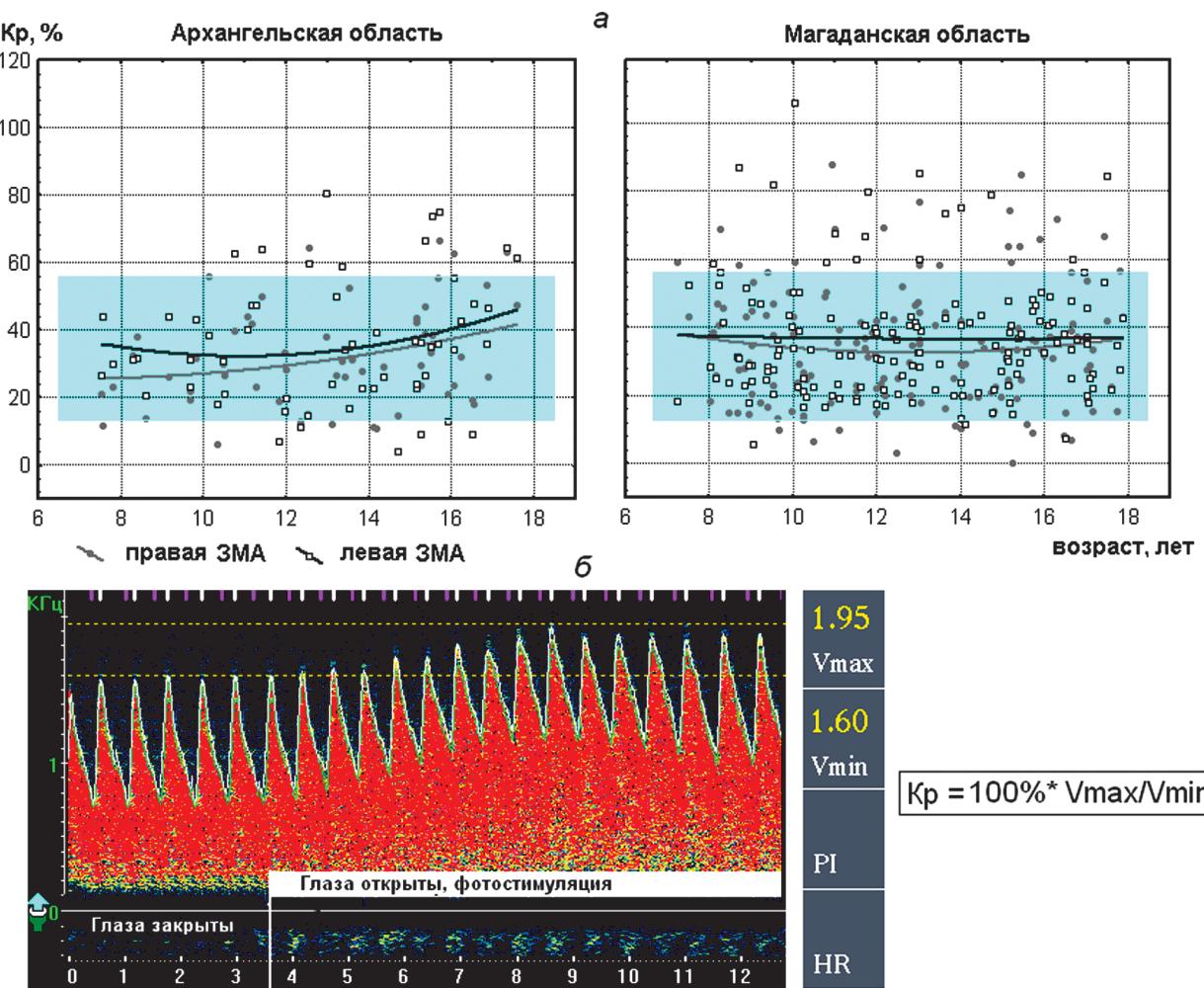


Рис. 6. Метаболическая регуляция кровотока в бассейнах заднемозговых артерий (ЗМА) у школьников из Архангельской и Магаданской областей.

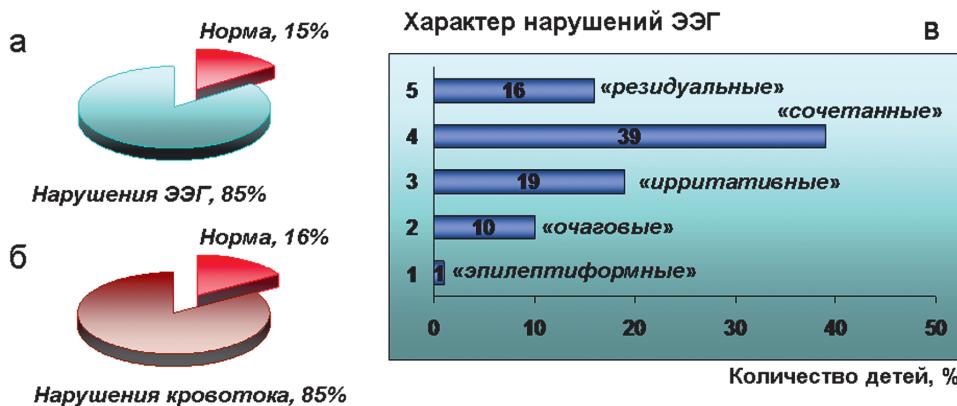
а) по оси абсцисс – возраст, в годах, по оси ординат: Кр – величина показателя реактивности в процентах; выделена область нормативных значений;

б) оценка коэффициентов реактивности (Кр) – прироста кровотока по ЗМА при функциональной нагрузке; на допплерограмме по оси абсцисс – время в с, по оси ординат – линейная скорость кровотока в см/с

высокой интенсивностью мозгового кровотока, что может свидетельствовать о снижении экономичности работы системы кровообращения головного мозга у таких детей.

Функциональные нагрузки, направленные на оценку метаболической регуляции мозгового кровотока [Шахнович, Шахнович, 1996] основаны на изменении функциональной активности мозга. Эффективность метаболической регуляции кровоснабжения в вертебрально-базилярном бассейне оценивали по относительной величине возрастания ЛСК (в процентах) при зрительной нагрузке по отношению к фону – спокойному состоянию с закрытыми глазами (продолжительность «темновой адаптации» 1,5–2 минуты). Зрительной нагрузкой служило открывание глаз (по команде) и рассматривание освещенного сложного геометрического паттерна (рис. 6, б). В норме эта нагрузка приводит к увеличению ЛСК в ЗМА, в сред-

нем, на 27–29 % у взрослых [Шахнович, Шахнович, 1996]. В нашем исследовании увеличение ЛСК составило от 4 % до 80 % у школьников из Архангельской области и до 118 % у школьников из Магаданской области (рис. 6, а). Обращает внимание высокий разброс показателей. Поскольку эта функциональная проблема используется в клинической практике, повышение ЛСК по ЗМА менее чем на 15 % может служить признаком скрытой функциональной недостаточности в бассейне артерии. Таким образом, у 22 % и 14 % детей из Архангельской и Магаданской областей соответственно выявлены сниженные показатели метаболической регуляции кровотока в бассейне одной из ЗМА. Нельзя исключить, что «гиперреактивность», наблюдавшаяся у школьников обоих регионов в 18–19 % случаев, также может быть в числе «дизадаптивных» реакций и может быть отнесена к разряду ангиодистоний (по гипотоническому типу).



**Рис. 7.** Роль региональных нарушений мозгового кровотока и церебральных ангиодистоний в развитии функциональных расстройств в работе центральной нервной системы у школьников из Магаданской области.

а – доля школьников с нарушениями ЭЭГ; б – доля школьников с отклонениями в допплерограмме от нормативных показателей; в – характер нарушений ЭЭГ (по оси абсцисс – частота в процентах)

Как в Архангельской, так в Магаданской области относительное количество школьников с функциональными нарушениями биоэлектрической активности мозга соответствовало числу детей с признаками церебральной ангиодистонии и регионарных нарушений кровотока, что может отражать ведущую роль нарушений гемодинамики мозга в развитии функциональных расстройств в работе нервной системы у детей, проживающих в данных регионах.

У 85 % школьников из Магаданской области выявлены нарушения ЭЭГ от умеренных до выраженных и только у 15 % детей ЭЭГ могла быть оценена как условная норма (рис. 7, а). Более чем у 60 % детей при функциональной нагрузке (гипервентиляция) обнаружены выраженные нарушения биоэлектрической активности головного мозга в форме гиперсинхронизации ЭЭГ, появления полиморфных пароксизмальных форм активности с вовлечением височных отделов мозга. Выявленные изменения ЭЭГ свидетельствуют о высокой степени напряжения регуляторных механизмов мозга, прежде всего лимбико-гипоталамического уровня, структурам которого принадлежит ведущая роль в координации вегетативно-висцеральных функций и поддержании гомеостаза. У 29 % детей в ЭЭГ обнаружены условно-эпилептиформные потенциалы, что указывает на нарушения в работе регуляторных систем, которые не могут быть компенсированы механизмами ауторегуляции в связи с перенапряжением работы функциональных систем, обеспечивающих процессы адаптации к условиям Севера.

## Состояние сенсорно-перцептивных функций

У школьников-северян из Архангельской области проведено комплексное нейрофизиологическое обследование процессов восприятия и обработки слуховых сигналов на различных уровнях организации анализаторной системы с применением методик акустиче-

ских коротколатентных стволовых и длиннолатентных вызванных потенциалов (ВП) мозга.

Коротколатентные акустические стволовые вызванные потенциалы (АСВП) представляют собой электрические сигналы (рис. 8), которые возникают при прохождении волны возбуждения, вызванной звуковым стимулом, по слуховым трактам, расположенным в стволе мозга [Jewett *et al.*, 1970; Sohmer *et al.*, 1974; Chiappa, Hill, 1997].

Этот объективный неинвазивный метод обследования дает возможность получить принципиально важную информацию о темпах миелинизации слуховых трактов ствола мозга у детей [Salamy *et al.*, 1975; Inagaki *et al.*, 1987; Moore *et al.*, 1995], а также позволяет оценить функциональное состояние и выявить признаки дисфункции структур ponto-bulbarного и ponto-mезэнцефального уровней [Chiappa, Hill, 1997]. Здесь проходят основные двигательные (пирамидные и экстрапирамидные) и чувствительные пути, мозжечковые тракты, располагаются ядра черепномозговых нервов, ретикулярная формация и важные центры вегетативной координации. Этот отдел ствола мозга недоступен обследованию ни методом «обычных» сенсорных ВП, ни методом ЭЭГ.

Получены данные, характеризующие уровень функциональной зрелости структур слухового тракта ствола мозга у детей-северян школьного возраста, уточнены половые и возрастные региональные нормативы параметров АСВП (табл. 1).

Результаты исследования влияния полового и возрастного факторов на параметры АСВП у школьников-северян сведены в табл. 2. Анализ таблицы показывает, что у детей и подростков школьного возраста: 1) фактор пола влияет на временные параметры (величины межпиковых интервалов и латентности волн) и, за исключением волны V, не оказывает влияния на амплитудные характеристики АСВП; 2) у девочек параметры АСВП значимо не изменяются с возрастом; 3) у мальчиков с возрастом увеличивается латентность волн АСВП.

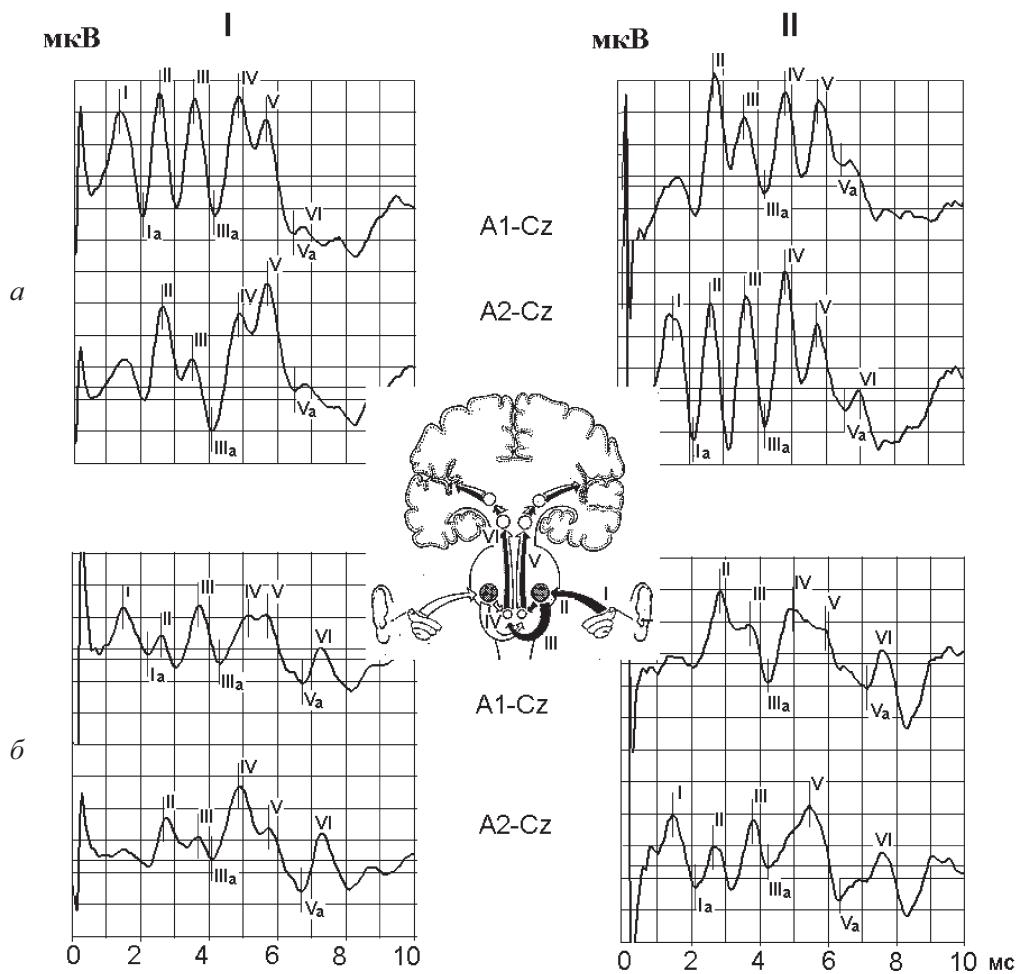


Рис. 8. Акустические стволовые вызванные потенциалы у школьника 1-го (а) и 11-го (б) класса.

По оси абсцисс – время от начала стимула в мс, по оси ординат – амплитуда АСВП в мкВ; высота 1 клетки соответствует 0,25 мкВ.

I – стимуляция левого уха, II – стимуляция правого уха.

A1-Cz – отведение левое ухо – вертекс, A2-Cz – отведение правое ухо – вертекс.

На графиках: I, ..., VI, Ia, IIIa, Va – обозначения волн АСВП.

В центре – условная схема слуховых стволовых трактов с указанием мест генерации волн АСВП

В трех школьных возрастных группах детей величины межпикововых интервалов I – III, III – V, I – V, характеризующие время проведения вызванного стимулом возбуждения по слуховому нерву и структурам слухового тракта ствола мозга, у девочек были меньше, чем у мальчиков. Только у мальчиков с возрастом выявлено значимое увеличение латентного

периода волн АСВП и тенденция к удлинению межпиковового интервала III – V (времени «центрального проведения»). В результате этого в пубертатном периоде у мальчиков пиковые латентности волн АСВП были больше, чем у девочек. Эти изменения совпадают по времени с фазой пубертатного скачка роста у мальчиков.

Таблица 1. Величины межпикововых интервалов АСВП у школьников из Архангельской области.

Интервал	Школьники	Школьницы	Значимость различий
I – III	$2.19 \pm 0,16$	$2,09 \pm 0,15$	$t(89) = 3,19, p = 0,002$
III – V	$1.94 \pm 0,14$	$1,84 \pm 0,17$	$t(89) = 2,89, p = 0,004$
I – V	$4.13 \pm 0,20$	$3,93 \pm 0,17$	$t(89) = 5,22, p = 1 \times 10^{-6}$

Примечание. Статистические оценки латентности и амплитуды (средняя  $\pm$  стандартное отклонение) сделаны по совокупности измерений с левой и правой стороны.

**Таблица 2.** Влияние пола и возраста на параметры АСВП у школьников 1–11 классов.

Параметр		Влияние пола	Влияние возраста	
			у мальчиков	у девочек
Латентность волны	I	0,06	0,51**	0,16
	III	0,27**	0,38*	0,19
	V	0,41**	0,51**	-0,08
Межпиковый интервал	I – III	0,25**	0,01	0,11
	III – V	0,26**	0,29	-0,27
	I – V	0,39**	0,22	-0,17
Амплитуда волны	I	-0,10	-0,43**	0,23
	III	0,04	-0,11	-0,21
	V	-0,20**	-0,27	0,26

Примечание. В графе «Влияние пола» – величины рангового КК Кэндела, в графах «Влияние возраста» – величины КК (по Пирсону) между параметром АСВП и возрастом школьника. Значимые КК выделены жирным шрифтом, уровни значимости КК: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

Оцениваемые по всей группе школьников параметры акустических стволовых ВП (см. табл. 1) не выходили за пределы нормативов [Рожков, 2001; Thivierge, Cote, 1990; Chiappa, Hill, 1997], принятых в клинической практике, однако количество детей, у которых время центрального проведения попадало в верхний диапазон границы нормы, было на 16 % больше, чем в «референтной» популяции. К числу особенностей АСВП у обследованных детей-северян (девочек и мальчиков младшей и средней возрастной групп) в сравнении с «нормативными» данными можно отнести меньшую величину пиковой латентности и более высокую амплитуду волны I, а также более длительный межпиковый интервал I – III, отражающий время проведения по слуховому нерву в дистальном и проксимальном сегментах. Относительно замедленная скорость проведения, по-видимому, отражает недостаточную миелинизацию нервных волокон, что может рассматриваться в качестве одного из признаков запаздывающего морфофункционального развития ЦНС у части детей-северян. Более интенсивное воздействие факторов внешней среды на Севере на растущий организм может проявляться также в относительно большей выраженности половых различий АСВП, особенно в подростковом возрасте.

## Состояние когнитивно-мнестических функций

Адаптация к учебным нагрузкам, формирование школьных навыков связаны с уровнем зрелости нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих когнитивно-мнестические функции. Для изучения возрастной динамики формирования механизмов, лежащих в основе процессов произвольного и непроизвольного внимания, использована комплексная оценка вызванных потенциалов мозга на значимые опознаваемые события (методика P300) в сопоставлении с результатами психологического тестирования

ния. В отличие от сенсорных ВП, которые являются индикаторами процессов, связанных с механизмами восприятия информации и ее обработки, в параметрах когнитивных потенциалов (к классу которых принадлежит P300) отражаются высшие корковые функции мозга, такие как распознавание стимулов, запоминание и мыслительные процессы, опосредующие принятие решения [Иваницкий и др., 1984; Костандов, Захарова, 1992; Donchin, 1981].

В вызванной биоэлектрической реакции мозга на редкий стимул выявляется эндогенная волна P300, связанная с процессами непроизвольного или произвольного (по инструкции) распознавания девиантного стимула (рис. 9, а). Латентность этой волны закономерно уменьшается с возрастом у детей, что отражает созревание нейрофизиологических механизмов когнитивных процессов и возрастание скорости обработки информации [Courchesne, 1978; Picton, Taylor, 2007]. Установлена статистическая зависимость между увеличением объема оперативной памяти (тест на воспроизведение визуальных репродукций Бентона) и увеличением амплитуды волны P300, а также уменьшением латентности P300 и скоростью и точностью выполнения корректурной пробы как в условиях пассивного восприятия, так и счета девиантных стимулов (рис. 9, б). Выявлены топографические особенности когнитивных потенциалов у детей, отражающие возрастание роли специализированного участия лобной коры и височно-лобной области левого полушария в обеспечении процесса произвольного внимания на базе механизмов речевого «контура регулирования», и роли теменной коры и височных областей правого полушария в процессах непроизвольной регуляции внимания. Наибольшие изменения параметров когнитивных вызванных потенциалов отмечаются у школьников от 7 лет к 11–12 годам, что позволяет расценивать этот период как особо чувствительный в развитии учебных навыков. Скорость уменьшения латентности P300 с возрастом у школьников-северян

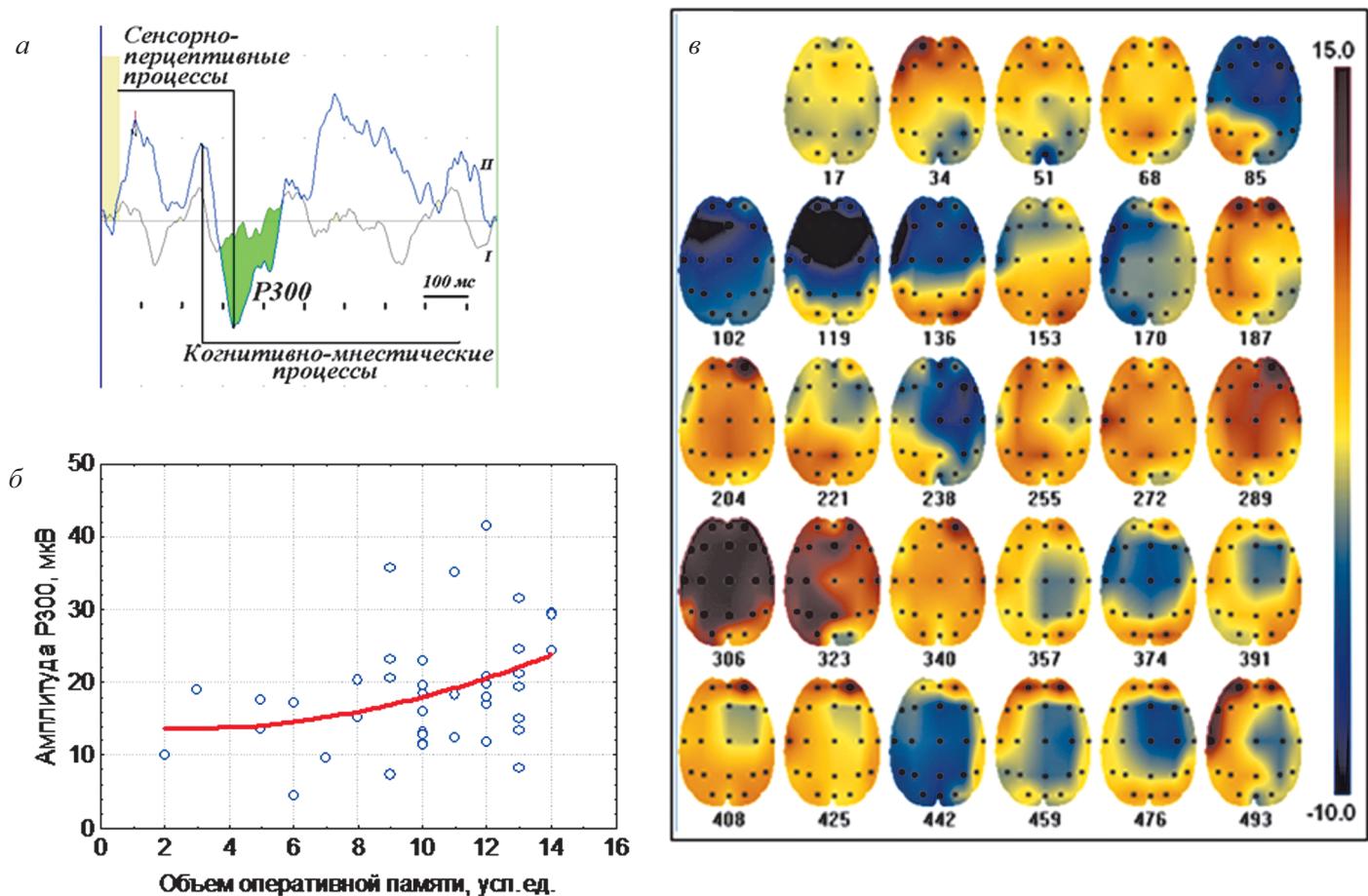


Рис. 9. Исследование когнитивно-мнестических процессов методом оценки параметров волны P300 вызванных потенциалов на редкие девиантные опознаваемые стимулы.

а) Выделение когнитивной составляющей вызванных потенциалов.

1 – вызванный потенциал на «незначимый» стимул, II – вызванный потенциал на «опознаваемый» стимул. Соотношение между стимулами категории I и II – 80 % к 20 %. Разность между ответами, соответствующая компоненту P300, окрашена.

Калибровка: 15 мкВ, 100 мс. Негативность – отклонение вверх, позитивность – отклонение вниз.

б) Зависимость между объемом оперативной памяти и амплитудой волны P300.

По оси абсцисс: оценка объема оперативной памяти в условных единицах, по оси ординат: амплитуда волны P300 (от базовой линии) в отведении Pz в мкВ.

Индивидуальные значения представлены кружками. Линия тренда – полиномиальная экстраполяция (второго порядка).

в) Топическое распределение слуховых вызванных потенциалов, временная развертка (ученик 13 лет).

17..493 – временной срез (в мс) от момента предъявления стимула.

Негативность – градации синего цвета, позитивность – градации желтого и коричневого цвета, соответственно шкале градаций

в условиях активного внимания значимо не отличалась от нормативных данных [Гнездцкий, 2003; Courchesne, 1978; Polich *et al.*, 1990], однако средние значения латентности P300 в лобных, центральных и теменных областях во всех возрастных группах при «пассивном» восприятии девиантных стимулов превышали норматив (табл. 3). Можно предположить, что дети обследованной нами популяции отличаются относительно меньшей скоростью выполнения действий автоматизированных или опирающихся на механизмы непроизвольного внимания и не отличаются по способности к произвольной концентрации внимания.

Имеются сведения о снижении амплитуды волны P300 у детей с синдромом дефицита внимания [Александров, 2003], дефицита внимания с гиперактивностью [Satterfield *et al.*, 1990] в сравнении с детьми нормативной группы, причем величина этого снижения обнаруживает корреляцию со степенью нарушения внимания [Кропотов, 2005]. По результатам исследования вызванных потенциалов мозга могут быть выявлены школьники с замедленными темпами формирования когнитивных процессов (на рис. 10, а) этих учащихся можно идентифицировать по значениям, которые находятся выше верхней предикативной

**Таблица 3.** Латентность компонента P300 ( $M \pm m$ , мс) в отведениях Fz, Cz и Pz у учащихся трех возрастных групп в условиях пассивного и активного восприятия редких девиантных стимулов.

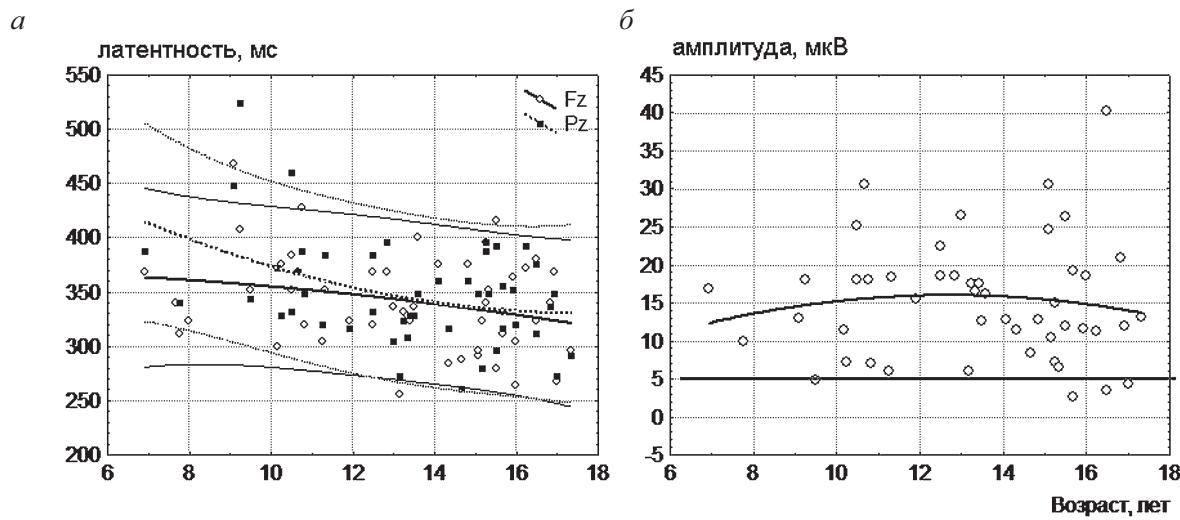
Группа учащихся	Пассивное восприятие			Активное восприятие		
	Fz	Cz	Pz	Fz	Cz	Pz
Младшая	357 ± 11	370 ± 13	376 ± 12	372 ± 9	364 ± 10	359 ± 10
Средняя	331 ± 10	328 ± 12	331 ± 11	333 ± 10	329 ± 11	335 ± 10
Старшая	331 ± 11	327 ± 13	338 ± 12	337 ± 10	332 ± 11	335 ± 11
Оценка тренда	$F(2,45) = 2,0$ $p = 0,15$	$F(2,45) = 3,8$ $p = 0,03^*$	$F(2,45) = 4,2$ $p = 0,02^*$	$F(2,43) = 5,1$ $p = 0,01^*$	$F(2,43) = 3,4$ $p = 0,04^*$	$F(2,43) = 2,0$ $p = 0,15$

Примечание. Оценка тренда по ANOVA; \* – влияние возраста на латентность Р3 значимо.

границы) или с низкой концентрацией внимания (на рис. 10, б этих учащихся можно идентифицировать по значкам, которые находятся ниже условной границы нормативных значений). Это позволяет осуществлять раннюю коррекцию процесса обучения [Кропотов, 2005; Фарбер и др., 2000].

Проведены исследования по функциональной коррекции отклонений в темпах развития и дисрегуляторных расстройств ЦНС у школьников-северян с дефицитом внимания с помощью методов биоадаптивного управления. Предпочтение при наборе в группу отдавалось добровольцам (школьникам 11–16-летнего возраста) с нарушением внимания, функциональными нарушениями, вызванными длительным хроническим стрессом (тревожность, невротические состояния; психосоматические – вегетососудистая дистония, психогенные двигательные расстройства – тики, головные

боли напряжения), плохой школьной успеваемостью по общеобразовательным предметам. Разработана 3-этапная схема реабилитационных занятий, которая включала альфа-, тета-тренинги для снижения отрицательного эмоционального фона и приобретения навыков саморегуляции и психической релаксации, а также бета-тренинг, направленный на управление психоэмоциональным состоянием посредством произвольного управления школьником своей ЭЭГ, селективно усиливая высокочастотную составляющую спектра колебаний биопотенциалов мозга. Проведено 107 индивидуальных реабилитационных сеансов с 10 учащимися общеобразовательной школы. При проведении коррекции состояний с помощью БОС по ЭЭГ особое внимание уделялось индивидуальному подходу к каждому ученику, процедуры различались числом и продолжительностью этапов.



**Рис. 10.** Использование методики P300 вызванных потенциалов для выявления школьников с замедленными темпами формирования когнитивных процессов (а) или низкой концентрацией внимания (б).

По оси абсцисс: возраст учащихся в годах.

По оси ординат: а – латентность волны P300 в мс, б – амплитуда волны P300 в мкВ.

Индивидуальные значения представлены значками. Линия тренда – полиномиальная экстраполяция (второго порядка).

На графике а штриховой линией показаны 90 % предиктивные границы, на графике б серой линией – условная нижняя граница нормы.

Индивидуальный план работы составлялся на основе данных, полученных при проведении неврологического осмотра и диагностических процедур (клиническая ЭЭГ с расширенным компьютерным анализом, допплерография сосудов головного мозга, РЭГ, ЭКГ), психофизиологического тестирования и др. У учащихся, прошедших все этапы реабилитационных занятий, достигнуты положительные результаты по произвольной регуляции сенсомоторного бета-ритма, что получило отражение в улучшении показателей произвольного внимания по данным выполнения корректурного теста и сложной зрительно-моторной реакции, повышении школьной успеваемости. По результатам оценки характеристик основных нервных процессов (комплекс «Психофизиолог», методика сложной зрительно-моторной реакции «СЗМР-3») установлено, что процессы возбуждения коры головного мозга у всех тренируемых детей исходно выше среднего, это нередко проявлялось гиперактивностью в поведении. К заключительным сеансам достигнуто улучшение контроля со стороны тормозных процессов, своевременное динамическое включение которых позволяет не совершать ошибочных действий (упреждающее нажатие, ошибочное стереотипное нажатие кнопки пульта в ответ на стимул), что выразилось в уменьшении относительной частоты ошибок на тормозной сигнал и увеличении интегрального показателя надежности в СЗМР-3. Исследованы перестройки межсистемных взаимодействий, происходящие во время произвольной регуляции ритмов головного мозга.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованиями, выполненными по проекту, установлено, что возрастное формирование физиологических функций у детей на фоне экстремального воздействия суровых условий Севера протекает с высоким напряжением регуляторных систем на фоне повышенных затрат адаптационных резервов. Это ведет не только к задержке темпов возрастного формирования эндокринной, иммунной и нервной системы ребенка, но и к развитию функциональных нарушений, скзывающихся на состоянии его психического и физического здоровья. Обнаруженные изменения биоэлектрической активности мозга у детей северных регионов (Магаданская и Архангельская области, о. Новая Земля) свидетельствуют о высокой степени напряжения регуляторных механизмов мозга, прежде всего, лимбико-гипоталамического уровня, структурам которого принадлежит ведущая роль в координации вегетативно-висцеральных функций и поддержании гомеостаза. У значительного числа детей школьного возраста выявляются условно-эпилептиформные потенциалы, что указывает на нарушения в работе регуляторных систем, которые не могут быть компенсированы механизмами ауторегуляции в связи с пере-

напряжением работы функциональных систем, обеспечивающих процессы адаптации к условиям Севера.

Своевременная диагностика отклонений в формировании тех или иных систем на разных стадиях развития ребенка позволяет использовать современные медицинские методы их коррекции, предупредить развитие серьезных нарушений и заболеваний, которые впоследствии могут привести к инвалидизации или психической неполноценности.

У большинства детей обследованной популяции по данным современного метода исследования мозгового кровообращения (транскраниальной допплерографии сосудов головного мозга) выявлены признаки скрытых компенсированных нарушений церебральной гемодинамики, которые могут быть основой цереброваскулярной патологии и нарушений функций ЦНС в зрелом и старшем возрасте. Отмечено важное значение оценки нарушения тонуса магистральных артерий как показателя дисциркуляторных явлений, вызывающих изменения функционального состояния структур мозга в бассейне кровоснабжения артерии. Показана взаимосвязь между частотой выявления нарушения осанки и частотой обнаружения билатеральной асимметрии кровотока в артериях мозга, что подчеркивает актуальность внедрения комплекса профилактических и оздоровительных мероприятий по коррекции осанки у школьников.

Разработанные методические подходы и полученные результаты могут быть использованы для создания новейших диагностических и реабилитационных технологий, обеспечивающих раннее обнаружение отклонений в возрастном развитии детей-северян с клиническими проявлениями «критических состояний развития» и выявление школьников с замедленными темпами формирования когнитивных процессов, что позволяет осуществить своевременную коррекцию функциональных расстройств ЦНС и нарушений процесса обучения. Полученные сведения являются важным дополнением для разработки научно обоснованных рекомендаций для органов здравоохранения при проведении диспансерных обследований детей.

## ЛИТЕРАТУРА

Агаджанян Н.А. Адаптация и резервы организма. М. : Физкультура и спорт, 1983. 174 с.

Александров А.А., Полякова Н.В., Станкевич Л.Н. Взвешенные потенциалы мозга у подростков в норме и при дефиците внимания при решении задачи распознавания акустических стимулов короткой длительности // Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2003. Т. 89, № 7. С. 769–775.

Алферова В.В., Фарбер Д.А. Отражение возрастных особенностей функциональной организации мозга в электроэнцефалограмме покоя // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. Л. : Наука, 1990. С. 45–65.

Аршавский В.В. Межполушарная асимметрия в системе поисковой активности (к проблеме адаптации человека в приполяр-

ных регионах северо-востока СССР). – Владивосток : Изд-во АН СССР, ДВО, 1988. 136 с.

*Басакер Р., Саати Т.* Конечные графы и сети М. : Наука, 1974. 366 с.

*Безруких М.М., Логинова Е.С.* Возрастная динамика и особенности формирования психофизиологической структуры интеллекта у учащихся начальной школы с разной успешностью обучении // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 1. С. 15–25.

*Бойко Е.Р.* Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург : УрО РАН, 2005. 190 с.

*Гнездцкий В.В.* Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. М. : МЕДпресс-информ, 2003. 264 с.

*Годовых Т.В., Годовых В.В., Максимов А.Л., Манчук В.Т.* Законыомерности роста и физического развития детей и подростков Чукотки. Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2007. С. 138–172.

*Данишевский Г.М.* Патология человека и профилактика заболеваний на Севере. М. : Медицина, 1968. 412 с.

*Евдокимов В.Г., Рогачевская О.В., Варламова Н.Г.* Модулирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную системы человека в онтогенезе. Екатеринбург : УРО РАН, 2007. 257 с.

*Иваницкий А.М., Стрелец В.Б., Корсаков И.А.* Информационные процессы мозга и психическая деятельность. М. : Наука, 1984. 198 с.

*Казначеев В.П.* Современные аспекты адаптации. Новосибирск : Наука, 1980. 191 с.

*Кандор И.С.* Очерки по физиологии и гигиене человека на Крайнем Севере. М. : Медицина, 1968. 279 с.

*Кемени Дж., Снелл Дж., Томпсон Дж.* Введение в конечную математику. М. : ИЛ, 1963. 486 с.

*Королева М.Н.* Адаптационные возможности мозгового кровотока и варианты их нарушений при церебральной ангиодистонии у детей (клинико-допплерографическое исследование): Автореферат дис. ... канд. мед. наук. СПб, 2000. 22 с.

*Костандов Э.А., Захарова Н.Н.* Зависимость поздних вызванных корковых потенциалов от комплекса когнитивных факторов // Журнал высшей нервной деятельности. 1992. Т. 42, № 3. С. 477–490.

*Кропотов Ю.Д.* Современная диагностика и коррекция синдрома нарушения внимания (нейрометрика, электромагнитная томография и нейротерапия). СПб. : ЭЛБИ-СПб, 2005. 148 с.

*Лукашевич И.П., Мачинская Р.И., Фишман М.Н.* Диагностика функционального состояния мозга детей младшего школьного возраста с трудностями обучения // Физиология человека. 1994. Т. 20, № 5. С. 34–46.

*Максимов А.Л., Пегова Е.В., Бартош Т.П.* Опыт комплексной оценки здоровья и психофизиологического состояния подростков Магаданской области // Человек на Севере: системные механизмы адаптации: сборник трудов. Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2007. С. 111–137.

*Медведев В.И.* Адаптация человека. СПб. : Институт мозга человека РАН, 2003. 584 с.

*Мешкова Т.А., Равич-Щербо И.В.* Роль генотипа в детерминации индивидуальной специфики ЭЭГ покоя человека // Физиология человека. 1978. Т. 4, № 3. С. 523.

*Новикова Л.А., Фарбер Д.А.* Функциональное созревание коры и подкорковых структур в различные периоды по данным электроэнцефалографических исследований / Руководство по физиологии (Под ред. В.Н. Черниговского). Л. : Наука, 1975. С. 491–522.

*Рапопорт Ж.Ж.* Адаптация ребенка на Севере. Л. : Медицина, 1979. 192 с.

*Рожков В.П.* Акустические вызванные потенциалы ствола мозга. Применение в детской неврологии. Санкт-Петербург : Медицинский центр «Прогноз», 2001. 108 с.

*Росин Ю.А.* Допплерография сосудов головного мозга у детей. СПб : Санкт-Петербургское книжное издательство, 2004. 110 с.

*Рошевский М.П., Евдокимов В.Г., Варламова Н.Г. и др.* Региональные и сезонные особенности функционирования кардиореспираторной системы жителей Севера // Физиология человека. 1994. Т. 20, № 6. С. 75–81.

*Сергеева Е.Г.* Возрастные особенности функционального развития мозга у школьников, проживающих в условиях Европейского Севера: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. СПб. : ИЭФБ РАН, 2009. 22 с.

*Симерницкая Э. Г.* Мозг человека и психические процессы в онтогенезе. М. : Изд-во МГУ, 1985. 192 с.

*Слоним А.Д.* О физиологических механизмах природных адаптаций животных и человека. М. : Наука, 1964. 63 с.

*Сороко С.И.* Нейрофизиологические механизмы индивидуальной адаптации человека в Антарктиде. Л. : Наука, 1984. 152 с.

*Сороко С.И.* Перестройки интегративных механизмов регуляции физиологических функций организма человека в условиях экспериментальной и высокогорной гипоксии // Проблемы гипоксии: молекулярные, физиологические и медицинские аспекты / Под ред. Л.Д. Лукьяниной, И.Б. Ушакова. М. ; Воронеж: Истоки, 2004. С. 201–244.

*Сороко С.И., Андреева С.С., Бекшаев С.С.* Перестройки параметров ЭЭГ у детей в условиях Заполярья в полярный день и в полярную ночь // Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2009. № 2. С. 49–59.

*Сороко С.И., Бекшаев С.С., Сидоров Ю.А.* Основные типы механизмов саморегуляции мозга. Л. : Наука, 1990. 205 с.

*Сороко С.И., Бурых Э.А., Бекшаев С.С., Сидоренко Г.В., Сергеева Е.Г., Хованских А.Е., Кормилицын Б.Н., Моралев С.Н., Ягодина О.В., Добродеева Л.К., Максимова И.А., Протасова О.В.* Оценка состояния основных функций организма у детей, проживающих в условиях Европейского Севера. Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2007. С. 68–110.

*Сороко С.И., Бурых Э.А., Бекшаев С.С., Сидоренко Г.В., Сергеева Е.Г., Хованских А.Е., Кормилицын Б.Н., Моралев С.Н., Ягодина О.В., Добродеева Л.К., Максимова И.А., Протасова О.В.* Особенности формирования системной деятельности мозга у детей в условиях Европейского Севера (проблемная статья) // Росс. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 2006. Т. 92, № 8. С. 905–929.

*Сороко С.И., Бурых Э.А., Сидоренко Г.В.* Особенности возрастного развития мозга у детей в условиях Севера // Росс. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 2005. Т. 91, № 7. С. 729–739.

*Сороко С.И., Бурых Э.А., Рожков В.П., Бурых Э.А.* Показатели мозгового кровообращения у детей 7–11 лет, проживающих на Европейском Севере // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 6. С. 37–50.

Ткачев А.В. Физиологический подход к районированию северных территорий России // Научно-аналитические материалы по районированию Севера России. Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 2004. С. 30–37.

Тыналиева Б. К. Межполушарная асимметрия головного мозга жителей горных регионов Кыргызстана: Дис. .... докт. мед. наук. Бишкек, 2002. 256 с.

Фарбер Д.А., Бетелева Т.Г., Горев А.С., Дубровинская Н.В., Мачинская Р.И. Функциональная организация развивающегося мозга и формирование когнитивной деятельности // Физиология развития ребенка. М. : Образование от А до Я, 2000. С. 82–104.

Хомская Е. Д. Нейропсихология. М. : Изд-во МГУ, 1987. 496 с.

Шахнович А.Р., Шахнович В.А. Диагностика нарушений мозгового кровообращения // Транскраниальная допплерография. М.: Медицина, 1996. 446 с.

Bode H. Pediatric applications of transcranial Doppler sonography. Wien ; N.Y. : Springer Verlag, 1988. 280 p.

Chiappa K.H., Hill R.A. Brain stem auditory evoked potentials: interpretation // Evoked potentials in clinical medicine. Philadelphia. N.Y. : Lippincott-Raven, 1997. 199 p.

Courchesne E. Neurophysiological correlates of cognitive development: Changes in long latency event-related potentials from childhood to adulthood // Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 1978. Vol. 45, N 4. P. 468–482.

Donchin E. Surprise! ... Surprise? // Psychophysiology. 1981. Vol. 18, N 5. P. 493–513.

Eischen S.E., Luckritz J.Y., Polish J. Spectral analysis of EEG families // Biol. Psychol. 1995. Vol. 41. P. 61–68.

Harmony T., Hinojosa G., Marosi E., Becker J., Rodriguez M., Reyes A., Rosha C. Correlation between EEG spectral parameters and an educational evaluation // Int. J. Neurosci. 1990. Vol. 54. P. 147–155.

Inagaki M., Tomita Y., Takashima S., Ohtani K., Andoh G., Takeshita K. Functional and morphometrical maturation of the brainstem auditory pathway // Brain Dev. 1987. Vol. 9, N 6. P. 597–601.

Jewett, D., Romano, M.N., Williston, J.S. Human auditory evoked potentials: possible brain stem components detected on the scalp // Science. 1970. Vol. 167. P. 1517–1518.

Marosi E., Harmony T., Sanchez L., Becker J., Bernal J., Reyes A., Diaz de Leyn A.E., Rodriguez M., Fernandez T. Maturation of the coherence of EEG activity in normal and learning-disabled children // Electroencephalogr. clin. Neurophysiol. 1992. Vol. 83. P. 350–357.

Matousek M., Petersen I. Frequency analysis of EEG in normal children and in normal adolescents // Automation in Clinical Electroencephalography / Eds. Kellaway P. and Petersen I. New York. : Raven Press, 1973. P. 75–102.

Moore J.K., Perazzo L.M., Braun A. Time course of axonal myelination in the human brainstem auditory pathway // Hear Res. 1995. Vol. 91, N 1–2. P. 208–209.

Otero G.A. EEG spectral analysis in children with sociocultural handicaps // Int. J. Neurosci. 1994. V. 79. P. 213–220.

Picton T. W., Taylor M. J. Electrophysiological evaluation of human brain development // Dev. Neuropsychol. 2007. Vol. 31, N 3. P. 249–278.

Polich J., Ladish C., Burns T. Normal variation of P300 in children: Age, memory span, and head size // Int. J. Psychophysiol. 1990. Vol. 9. P. 237–248.

Salamy A., McKean C.M., Buda F.B. Maturational changes in auditory transmission as reflected in human brain stem potentials // Brain Res. 1975. Vol. 96. P. 361–366.

Satterfield J.H., Schell A.M., Nicholas T.W., Satterfield B.T., Freese T.E. Ontogeny of selective attention effects on event-related potentials in attention-deficit hyperactivity disorder and normal boys // Biol. Psychiatry. 1990. Vol. 28, N 10. P. 879–903.

Sohmer, H., Feinmesser, M., Szabo G. Sources of electrocochleographic responses as studied in patients with brain damage // Electroenceph. clin. Neurophysiol. 1974. Vol. 37. P. 663–669.

Thivierge J., Cote R. Brainstem auditory evoked response: normative values in children // Electroenceph. clin. Neurophysiol. 1990. Vol. 77. P. 309–313.

Wackermann J., Matousek M. From the ‘EEG age’ to a rational scale of brain electric maturation // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1998. V. 107. P. 415–421.

# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ю.Г. Гатинский, Д.В. Рундквист, Г.Л. Владова, Т.В. Прохорова</i> СЕЙСМО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЛАВНЕЙШИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ РОССИИ И БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ . . . . .	13
<i>В.И. Осипов, Н.И. Фролова, С.П. Сущев, В.И. Ларионов</i> ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО И ПРИРОДНОГО РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ . . . . .	28
<i>В.И. Величкин, Б.П. Власов, М.В. Шумилин</i> ОСНОВНЫЕ ПРОМЫШЛЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЫВШЕГО СССР И РОССИИ . . . . .	49
<i>С.А. Дмитриев, В.И. Величкин, Б.И. Омельяненко</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЖИДКИХ ОТХОДОВ НИЗКОГО И СРЕДНЕГО УРОВНЕЙ РАДИОАКТИВНОСТИ . . . . .	64
<i>В.И. Величкин, В.И. Мальковский, Н.Н. Тарасов, Ю.П. Диков</i> АНАЛИЗ УСЛОВИЙ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ В РАЙОНЕ ОЗЕРА КАРАЧАЙ (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ) . . . . .	77
<i>Б.И. Омельяненко, В.И. Величкин, С.В. Юдинцев</i> ПОВЕДЕНИЕ АКТИНИДОВ В УСЛОВИЯХ ДОЛГОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА . . . . .	86
<i>С.В. Юдинцев, Б.И. Омельяненко</i> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТЕХНЕЦИЯ . . . . .	99
<i>И.Н. Соловов, А.К. Лисицын</i> ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫЕ ЭКЗОГЕННЫЕ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И МЕТАЛЛЫ, ИЗВЛЕКАЕМЫЕ СЕРНОКИСЛОТНЫМ ПОДЗЕМНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ . . . . .	109
<i>В.А. Петров, В.В. Полуэктов, Р.М. Насимов, А.А. Бурмистров, С.И. Щукин, Й. Хаммер</i> ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА УРАНОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В ГРАНИТАХ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОЯТ . . . . .	124
<i>В.М. Котляков, Л.Н. Васильев, М.Ю. Москалевский</i> БАЛАНС МАССЫ АНТАРКТИЧЕСКОГО ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА . . . . .	139

---

<i>Ю.Я. Мачерет, А.Ф. Глазовский, И.И. Лаврентьев</i> ВОДА В ПОЛИТЕРМИЧЕСКИХ И ТЕПЛЫХ ЛЕДНИКАХ . . . . .	152
<i>В.Н. Михаленко, С.С. Кутузов, О.В. Нагорнов, С.А. Тюфлин, И.И. Лаврентьев, С.А. Марченко, В.И. Окопный</i> СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ФИРНОВО-ЛЕДЯНОЙ ТОЛЩИ НА ЗАПАДНОМ ПЛАТО ЭЛЬБРУСА . . . . .	180
<i>Ю.П. Масуренков, А.Л. Собисевич</i> ЭЛЬБРУССКОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ – ИНДИКАТОР ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО И ФЛЮИДНОГО СОСТОЯНИЯ ВУЛКАНА . . . . .	189
<i>А.Н. Хименков, Г.З. Перльштейн, Д.О. Сергеев, А.Н. Власов, В.П. Мерзляков, Ю.В. Халилова</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РИСКА ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ . . . . .	205
<i>Е.В. Коротеева, Е.И. Вейсберг, Н.Б. Куюнцева, С.А. Лесина</i> ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВОСТОЧНЫХ ПРЕДГОРИЙ ЮЖНОГО УРАЛА . . . . .	213
<i>А.Ю. Кудеярова</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ СОРБЦИОННЫХ БАРЬЕРОВ ПРИ ЗАФОСФАЧИВАНИИ КИСЛЫХ ПОЧВ . . . . .	223
<i>И.В. Галицкая, И.А. Позднякова, Л.С. Томс</i> МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ПРОГНОЗА И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОПРИРОДНЫМ ГЕОХИМИЧЕСКИМ РИСКОМ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ . . . . .	239
<i>Л.С. Кучмент, А.Н. Гельфан</i> СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ И ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ МАШТАБОВ И РИСКА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА . . . . .	252
<i>В.В. Адушкин, П.П. Фирстов</i> ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛОЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ В ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ В АТМОСФЕРЕ . . . . .	264
<i>А.Ю. Озеров</i> МЕХАНИЗМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ФОНТАНИРОВАНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНОВ (ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ И ПРИРОДНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ) . . . . .	279
<i>О.В. Руденко, А.Л. Собисевич, Л.Е. Собисевич</i> О ФИЗИКЕ АКУСТИЧЕСКИХ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ И МЕДЛЕННЫХ ВОЛНАХ В ГРАНУЛИРОВАННОЙ ФЛЮИДОНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЕ . . . . .	299
<i>В.Н. Николаевский</i> ОЧАГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – СОБЫТИЯ И ПРЕДВЕСТИКИ УДАРА . . . . .	316
<i>Б.В. Левин, Г.В. Шевченко, В.М. Кайстренко, Т.Н. Ивельская, Т.К. Пинегина, Н.Г. Разжигаева</i> ПРОБЛЕМА ЦУНАМИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ (ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АСПЕКТ) . . . . .	332
<i>В.А. Семенов, И.И. Мохов, М. Латиф</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В РЕГИОНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ . . . . .	355

---

<i>Ю.Н. Авсюк, А.Л. Собисевич</i> ПРИЛИВНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ – ЛУНА – СОЛНЦЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛИ . . . . .	373
<i>В.Ч. Хон, И.И. Мохов</i> ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА К ИЗМЕНЕНИЮ ОРБИТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ . . . . .	392
<i>В.М. Григорьев, Л.В. Ермакова, А.В. Мордвинов, Ю.А. Наговицын, А.Г. Тлатов, В.Г. Иванов, Е.В. Милецкий, Е.Ю. Наговицына, А.И. Хлыстова, С.А. Язев</i> ВОЗНИКНОВЕНИЕ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА СОЛНЦЕ, ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО ГЛОБАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В 11-ЛЕТНЕМ ЦИКЛЕ И НА ДЛИТЕЛЬНОЙ ШКАЛЕ ВРЕМЕНИ . . . . .	399
<i>С.И. Сороко, В.П. Рожков, Е.Г. Сергеева, С.С. Бекшаев, С.С.Андреева, И.В.Николаев</i> ОСОБЕННОСТИ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И ГЕМОДИНАМИКИ МОЗГА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО СЕВЕРА . . . . .	413

Научное издание

# ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И КАТАСТРОФЫ

В 2 томах

Том 2

## ГЕОЛОГИЯ УРАНА, ГЕОЭКОЛОГИЯ, ГЛЯЦИОЛОГИЯ

*Печатается по решению Научного совета Программы  
фундаментальных исследований президиума РАН № 4*

Ответственный составитель д.ф.-м.н. Собисевич Алексей Леонидович

Технический редактор В.И. Горбенко  
Компьютерная верстка К.А. Мордвинцев  
Корректор С.Б. Суслова

Подписано в печать 05.09.11. Формат 60×90/8  
Гарнитура Таймс. Бумага мелованная. Печать офсетная  
Усл. печ. л. 54. Тираж 200 экз.

ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН  
123995 ГСП-5, Д-242, Москва, ул. Б. Грузинская, 10

Отпечатано в типографии издательства «ПРОБЕЛ 2000»  
109544 Москва, ул. Рабочая, 91