

экологических и гидрологических процессов. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 440 с. **20.** *Зубов Н.Н.* Морские воды и льды. М.: Гидрометеиздат, 1938. 453 с. **21.** *Drummond I.T.* Turbulent stretching of line and surface elements / *I.T. Drummond, W. Munch* // *J. Fluid Mech.* 1990. Vol. 215. P. 45–59. **22.** *Muzzio F.J.* Dynamics of a lamellar system with diffusion and reaction: Scaling analysis and global kinetics / *F.J. Muzzio, J.M. Ottino* // *Phys. Rev.*, 1989. A 40 (12). P. 7182–7192. **23.** *Ottino J.M.* A lamellar model for analysis of liquid–liquid mixing / *J.M. Ottino, W.E. Rantz, C.W. Macosko* // *Chem. Eng. Sci.* 1979. Vol. 34. P. 877. **24.** SBE 19 plus SEACAT PROFILER. User Manual. Version 012. Bellevue, Washington, DC, 2005. **25.** *Rantz W.E.* Fluid mechanical mixing – lamellar description / *Ulbricht J.J., Patterson G.K.* (eds.). *Mixing of Liquids by Mechanical Agitation.* New York: Gordon and Breach. 1985. P. 1. **26.** *Браун Э.Д.* Теория моделирования и возможности ее применения в трибологии: справочник по триботехнике / *Э.Д. Браун, Ю.А. Евдокимов, А.В. Чичинадзе.* Т. 1. Теоретические основы. М.: Машиностроение, 1989. С. 324–333. **27.** *Долгонос Б.М.* Закономерности гидролиза и коагуляции солей алюминия на начальной стадии смешения растворов // *Теор. основы хим. технологии.* 2005. Вып. 39, № 3. С. 282–294.

### **Сведения об авторах**

*Бардан Сергей Иванович* – к.б.н., ведущий научный сотрудник лаб. планктона;  
e-mail: bardanap@gmail.com

*Долгонос Борис Михайлович* - д.т.н., зав. лаб. моделирования водно-экологических процессов;  
e-mail: borismd@aquas.laser.ru

**УДК 574.24+612:539.16**

## **АДАПТАЦИЯ ДЕТЕЙ ЗАПОЛЯРЬЯ К УСЛОВИЯМ СРЕДНИХ ШИРОТ ПРИ РАЗЛИЧНОМ УРОВНЕ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ**

**(на примере оздоровительного комплекса «Эковит» КНЦ РАН в Воронежской области)**

**А.А. Мартынова, С.В. Пряничников, В.В. Пожарская, Н.К. Белишева**

Научный отдел медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

### **Аннотация**

Представлены результаты исследования особенности адаптации детей Заполярья к условиям средних широт (на примере отдыха в оздоровительном комплексе «Эковит» КНЦ РАН, Воронежской обл.) при различном уровне геомагнитной активности. Показано, что у 47% детей процесс адаптации происходит удовлетворительно. У 53% детей адаптация организма к условиям среды обеспечивается более высоким, чем в норме, напряжением регуляторных систем с вовлечением дополнительных функциональных резервов сердечно-сосудистой системы. Выявлена психофизиологическая и психоэмоциональная зависимость состояния организма детей Заполярья от вариаций геофизических агентов и высокая степень уязвимости организма детей при смене широтных и климато-географических поясов.

### **Ключевые слова:**

*адаптация детей Заполярья, высокие и средние широты, психофизиологическое состояние, вариации геофизических агентов.*

Здоровье населения арктических территорий в значительной мере зависит от «космической погоды» [1], порождаемой солнечной активностью (СА) и ассоциированными с ней колебаниями метеорологических [2–5] и геофизических агентов [5–7]. При этом наибольшую чувствительность к экстремальному воздействию арктической среды проявляет детский организм [7, 8], начиная с внутриутробного развития [8–11], что находит отражение в структуре заболеваемости детского населения Мурманской области. Оказалось, что заболевания эндокринной системы, болезней крови и кроветворных тканей, болезней нервной системы, органов дыхания и пищеварения у детей имеют значимые ( $p < 0.05$ ) корреляции с СА [8]. Подтверждением высокой чувствительности детского организма к вариациям высокоширотных геофизических агентов явились результаты исследования, которые показали, что функциональное состояние центральной и вегетативной нервной системы [12, 13], сердечно-сосудистой системы [14, 15], композиция периферической крови и иммунорезистентность [13, 16] у детей школьного возраста модулируется вариациями геомагнитного поля (ГМП). Высокая чувствительность детского организма к воздействию геофизических агентов, вероятно, обусловлена тем, что Заполярье расположено севернее зоны экологического оптимума, оно

характеризуется недостатком тепла и избытком влаги, большой вариабельностью погодных условий, дефицитом ультрафиолетовой радиации, полярными ночью и днем, предопределяющих повышенные требования к адаптации, возникновение гиповитаминозов и снижение сопротивляемости организма [17]. Поэтому естественным стремлением скомпенсировать неблагоприятное воздействие арктической среды на детский организм является организация отдыха детей в более комфортных климато-географических условиях. Вместе с тем, изменение привычных (хоть и суровых) условий существования на более комфортные сопровождается психофизиологической перестройкой организма [9], которая требует определенного времени для полноценной адаптации к новым условиям. И, несмотря на систематический отдых детей Заполярья в более южных широтах, особенности адаптации детского организма при широтном перемещении практически не изучены. Также остается неясным и вклад вариаций ГМП, модулирующих функциональное состояние организма детей в высоких широтах [13, 16], в процесс адаптации к средним широтам. Цель настоящего исследования состояла в изучении особенностей адаптации детей Заполярья к условиям средних широт (на примере отдыха в оздоровительном комплексе «Эковит» КНЦ РАН, с. Александровка-Донская, Воронежской обл.) при различном уровне геомагнитной активности (ГМА).

## Материалы и методы

Исследование было выполнено на базе оздоровительного комплекса «Эковит» КНЦ РАН с. Александровка-Донская, Воронежской области (51°42'с.ш. 39°13'в.д.) в летний период 2011–2012 гг. Психофизиологические особенности адаптации детей к условиям средних широт изучали на группе подростков из Мурманской области (68°02' с.ш.34°34' в.д.), которая включала 19 мальчиков 13–18 лет и 9 девочек 14–16 лет. Динамику психофизиологического состояния организма изучали в группе мальчиков на основе ежесуточной (10 дней в 2011 г. и 16 дней в 2012 г.) регистрации показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) [18] с применением программно-аппаратного комплекса «Омега-М». Прибор «Омега-М», предназначенный для неинвазивной диагностики вариабельности кардиоритмов, позволяет, на основе системного анализа, получать информацию о текущем состоянии организма и системах регуляции его функций. В качестве индикаторов психофизиологического состояния организма использовали: средний интервал сердечного ритма (RR), амплитуду моды – (АМо), индекс вегетативного равновесия (ИВР), показатель адекватности процессов регуляции сердечного ритма (ПАПР), вегетативный показатель ритма (ВПР) и индекс напряжения регуляторных систем (ИН). По результатам спектрального анализа рассчитывали полную спектральную мощность частот сердечного ритма (ТР), абсолютную и относительную спектральную мощность высокочастотных (HF) и низкочастотных (LF) компонент спектрального диапазона ВСР. Кроме того, использовали интегральные показатели функционального состояния организма, выраженные в условных единицах (при норме от 60 до 100%): уровень адаптации (А), показатели вегетативной (В) и центральной регуляции (С), психоэмоциональное состояние (D). Психоэмоциональное состояние детей регистрировали в начале и в конце смены пребывания на базе отдыха с применением методики, состоящей из 30 полярных вопросов, для диагностики оперативной оценки самочувствия (С), активности (А) и настроения (Н) (САН). Уровень ситуативной (СТ) и личностной (ЛТ) тревожности оценивали по методу Спилбергера-Ханина [19]. В качестве индикатора ГМА использовали среднесуточное значение К-индекса, полученного на основе вариаций Z, H и D компонент ГМП (Геофизическая обсерватория Соданкила, Финляндия). Данные о вариациях космических лучей (КЛ), отраженные в скорости счета наземного нейтронного монитора, получены на сайте станции космических КЛ, Москва, Измиран (55°29' с.ш., 37°19' в.д.).

## Результаты исследования

### *Психофизиологические особенности адаптации детей в 2011 и 2012 гг.*

Статистические показатели психофизиологического состояния детей в 2011 и 2012 гг. представлены в табл. 1. Данные позволяют провести сравнительный анализ статистических характеристик показателей функционального состояния организма тестируемых детей в 2011 и 2012 гг. Значимые различия ( $p < 0.05$ ) между показателями маркированы серым цветом. Средние значения таких показателей, как средний RR-интервал, частота сердечных сокращений (ЧСС), низкочастотная компонента сердечного ритма (LF) различаются между собой в 2011 г. и 2012 г. Причем, в 2012 г. величина среднего RR-интервала по отношению к 2011 г. возрастает ( $832.4 \pm 11.5$  и  $729.7 \pm 20.7$

соответственно,  $p=0.0001$ ), ЧСС – снижается ( $74.6\pm 1.2$  и  $83.7\pm 2.5$  соответственно,  $p=0.001$ ), как снижается и вклад низкочастотной компоненты (LF) в частотный спектр ВСР ( $892.8\pm 33.5$  и  $1116.2\pm 62.4$  соответственно,  $p=0.0021$ ). Поскольку значение среднего RR-интервала и его вариабельности являются базовым показателем состояния организма и его адаптационных возможностей, можно заключить, что в 2012 г. среднестатистический уровень адаптации детей был выше, чем в 2011 г. Подтверждением этого заключения служат показатели адаптации (А) в 2011 и в 2012 гг. ( $61.7\pm 2.7$  и  $65.4\pm 2.3$  соответственно), а также другие характеристики функционального состояния организма детей (табл. 1), хотя значимость различий между ними в 2011 и 2012 г. не достигает уровня  $p<0.05$ .

Таблица 1

Статистические показатели психофизиологического состояния детей в 2011 и 2012 гг.

Показатели психофизиологического состояния	2011				2012				P
	M±m	Минимум	Максим.	Ст.откл.	M±m	Минимум	Максим.	Ст.откл.	
А	61.7±2.7	44.1	74.7	8.4	65.4±2.3	50.7	84.7	9.4	$p>0.05$
В	66.9±3.8	44.8	88.1	12.2	72.3±2.3	58.5	91.7	9.1	$p>0.05$
С	60.7±2.4	46.0	66.8	7.7	58.9±1.6	48.5	70.6	6.5	$p>0.05$
Д	62.8±2.1	50.4	70.2	6.6	60.6±1.2	51.0	69.0	4.8	$p>0.05$
ИП	63.0±2.6	46.3	74.6	8.4	64.3±1.7	52.2	79.0	6.	$p>0.05$
Средний RR-интервал	<b>729.7±20.7</b>	<b>604.6</b>	<b>807.4</b>	<b>65.43</b>	<b>832.4±11.5</b>	<b>760.3</b>	<b>911.2</b>	<b>46.1</b>	$p=0.0001$
ЧСС	<b>83.7±2.5</b>	<b>74.7</b>	<b>100.7</b>	<b>7.9</b>	<b>74.6±1.2</b>	<b>67.0</b>	<b>83.7</b>	<b>4.7</b>	$p=0.001$
ИБР	172.6±25.9	94.5	391.4	81.9	157.2±13.9	85.1	320.6	55.7	$p>0.05$
ВПР	0.36±0.00	0.32	0.40	0.02	0.31±0.0	0.28	0.3	0.01	$p>0.05$
ПАПР	51.4±4.7	34.1	88.201	14.99	44.5±2.4	29.7	68.6	9.5	$p>0.05$
ИН	138.0±29.7	60.8	394.4	94.0	113.6±15.0	49.4	302.1	60.1	$p>0.05$
Амо -	34.1±1.8	26.7	46.8	5.5	32.9±1.0	25.7	41.7	4.0	$p>0.05$
RMSSD	38.2±2.2	22.8	49.3	6.8	45.9±2.8	31.4	72.8	11.4	$p>0.05$
HF	593.4±62.1	243.8	928.0	196.5	886.1±129.2	423.9	2253.7	517.0	$p>0.05$
LF	<b>1116.2±62.4</b>	<b>743.6</b>	<b>1418.7</b>	<b>197.3</b>	<b>892.8±33.5</b>	<b>665.4</b>	<b>1171.6</b>	<b>134.0</b>	$p=0.0021$
LF/HF	3.4±0.5	1.9	6.8	1.4914	2.8±0.3	0.9	4.9	1.3	$p>0.05$
TP	2798.9±138	1858.2	3905.7	669.7	2713.5±1	1898.6	4006.4	535.24	$p>0.05$

Средние значения показателей адаптации как в 2011 г., так и в 2012 г. соответствуют нижней границе нормы, однако индивидуальные значения этих показателей существенно варьируют: средний уровень адаптации детей в 2011 г. колебался в пределах от 44.1 до 74.7% (при норме выше 60%), а в 2012 г. от 50.7 до 84.7% (табл. 1). Те же закономерности характерны и для других психофизиологических показателей.

На рис. 1 можно видеть особенности индивидуальной адаптации детей к условиям средних широт в 2011 и в 2012 г. Так, в 2011 г. у пяти тестируемых детей показатель А оказался ниже нормы, а в 2012 г. у 4-х детей, что составляет (от числа лиц в исследуемых группах) 55.6 % и 44.4% соответственно.

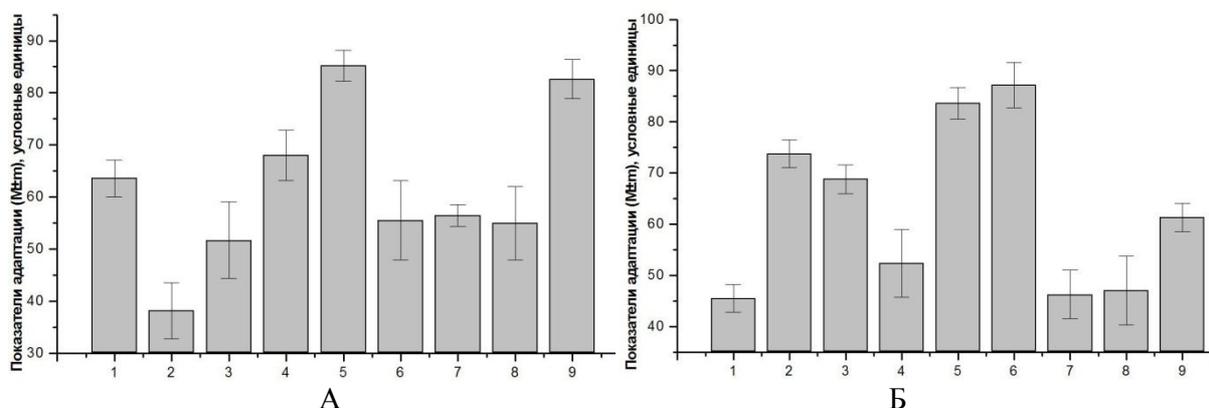


Рис. 1. Средние значения ( $M\pm m$ ) показателей адаптации отдельных испытуемых в исследуемые периоды в 2011 г.(А) и в 2012 г.(Б). По оси абсцисс – условные номера тестируемых детей; по оси ординат – показатели адаптации, условные единицы

Индивидуальный анализ функционального состояния организма тестируемых детей в 2011 г. выявил также высокую вариабельность ИН регуляторных систем сердечного ритма (СР). В соответствии со значениями амплитуды колебаний ИН, все тестируемые в 2011 г. разделяются на 2 группы: с низкой и высокой амплитудой колебаний ИН (рис. 2). Распределение среднего значения ИН в первой группе говорит об умеренном преобладании в регуляции сердечного ритма симпатического тонуса (центрального звена регуляции СР), связанного с определенным напряжением механизма адаптации и адекватной реакции вегетативной нервной системы на изменение климатических условий при смене климатического пояса. Высокая вариабельность значений ИН во второй группе свидетельствует о конкурентных влияниях на СР различных звеньев регуляции и поэтому повышенной чувствительности в этой группе к воздействию внешней среды, и, вероятно, к смене климатического пояса.

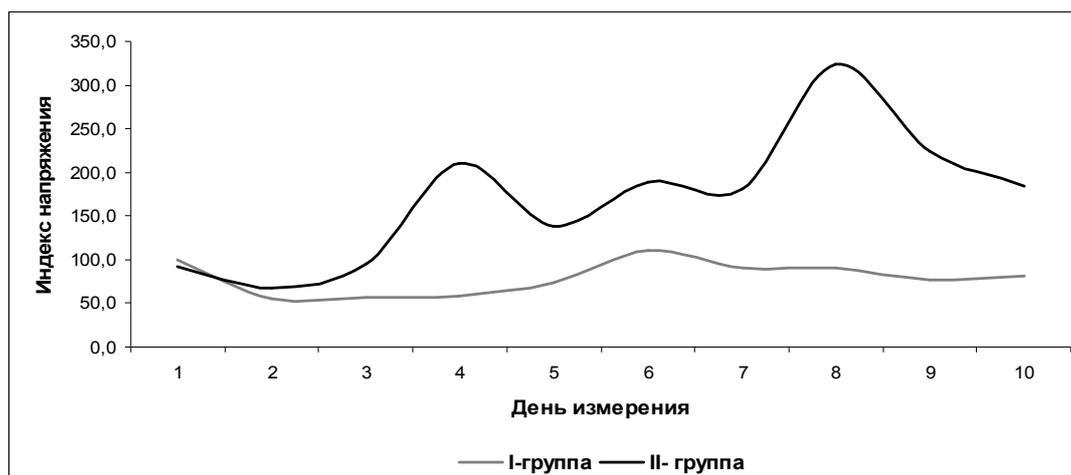


Рис. 2. Динамика ИН в двух группах испытуемых 2011 г. По оси абсцисс – дни исследования, (4–13 августа 2011 г.), по оси ординат – значения ИН, условные единицы

При анализе индивидуального частотного спектра СР у всех тестируемых детей в 2011 и 2012 гг. оказалось, что только у 26% детей проявляется сбалансированность систем регуляции СР (вегетативный баланс). Этот показатель выражается через величину отношения низкочастотного (LF – центрального звена регуляции СР) и высокочастотного (HF – автономного звена регуляции СР) спектрального диапазона СР и, при сбалансированности регуляции СР, соответствует значениям LF/HF от 1.5 до 2.5. Причем низкочастотный спектральный диапазон (LF) преобладает в случае доминирования симпатического звена в регуляции СР, а высокочастотный (HF) – парасимпатического звена. При возрастании роли центрального звена (симпатическая нервная система) в регуляции СР адаптационные возможности организма снижаются [18].

Как показал анализ, у 53% тестируемых детей (в 2011 и 2012 гг.) в регуляции СР преобладала симпатическая нервная система (центральное звено в регуляции СР), при значениях LF/HF от 1.5 до 2.5 и LF/HF > 3.5. Т.е. для 53% детей, прибывших из Заполярья на отдых в средние широты, характерно напряжение в системе регуляции сердечного ритма. На рис. 3 показано распределение тестируемых детей (%) по характеру регуляции СР на основе оценки соотношения уровней активности центрального (LF) и автономного (HF) контуров регуляции СР.

Вариабельность индивидуальных показателей адаптации и регуляции сердечного ритма проявляется и в индивидуальной длительности периодов, необходимых для достижения оптимальной адаптации к новым условиям. Анализ суммарных данных (за 2011 и 2012 гг.) особенностей адаптации детей Заполярья к средним широтам показал, что максимальная адаптация у детей к условиям средних широт имеет различную длительность. Одни (36%) хорошо адаптируются сразу после перемещения из высоких широт, другие (32%) – в середине, а третьи (32%) – в конце срока пребывания на отдыхе.

В работе [20] дана краткая характеристика психоэмоционального состояния детей в период отдыха на базе оздоровительного комплекса «Эковит» КНЦ РАН в 2012 г. В данной

статье приводятся статистические характеристики психоэмоционального состояния детей в этот период и детализируется характер связи между показателями психоэмоционального состояния.

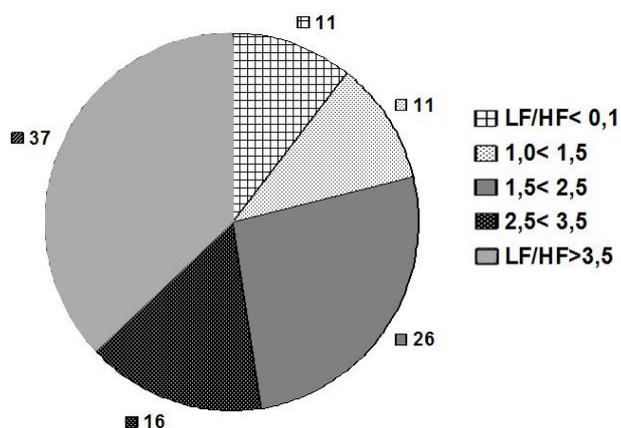


Рис. 3. Распределение тестируемых детей (%) по характеру регуляции сердечного ритма на основе оценки соотношения уровней активности центрального и автономного контуров регуляции: LF/HF < 0.1 – выраженное преобладание парасимпатического отдела ВСР; 1.0 < 1.5 – умеренное преобладание парасимпатического отдела ВСР, 1.5 < 2.5 – нормальный вегетативный баланс, 2.5 < 3.5 – умеренное преобладание симпатического отдела ВСР, LF/HF > 3.5 – выраженное преобладание симпатического отдела ВСР

### Психоэмоциональное состояние детей в 2012 г.

Анализ особенностей психоэмоционального состояния, оцененного на основе методики САН (самочувствие, активность, настроение) показал, что у девочек показатели самочувствия и настроения снизились в процессе отдыха, в то время как показатель активности повысился (табл. 2). В группе мальчиков все показатели психоэмоционального состояния к концу периода пребывания на отдыхе снизились (табл. 2). И хотя различия между показателями в начале и в конце отдыха статистически не достигают уровня значимости  $p \leq 0.05$ , тем не менее они отражают общую тенденцию снижения самочувствия, активности и настроения в конце пребывания на отдыхе.

Снижение показателей психоэмоционального состояния, оцененное по методике САН, в группах тестируемых детей соответствуют возрастанию личностной и реактивной (ситуационной) тревожности, выявленной по методу Спилбергера-Ханина. Оказалось, что уровень тревожности, как у девочек, так и у мальчиков, к концу смены возрастает (табл. 2).

Полученные данные показывают, что достаточно низкому уровню адаптации детей Заполярья к средним широтам соответствует и снижение их психоэмоционального состояния в конце периода пребывания на отдыхе. Имеется ли объективная зависимость и обратная связь между физиологическим и психоэмоциональным состоянием у детей? Что является первичным, снижение функциональных особенностей организма в силу напряжения механизмов адаптации к новым климатогеографическим условиям и связанное с физиологической нагрузкой снижение психоэмоционального состояния? Или снижение психоэмоционального состояния из-за социально-бытовых особенностей отдыха в оздоровительном комплексе «Эковит», и, как следствие, снижение функциональных возможностей организма?

Наши исследования в Заполярье (г. Апатиты) показали, что ведущим индикатором функционального состояния организма является длительность кардиоинтервала (R-R), от которой зависит психофизиологическое состояние человека. В частности, было выявлено, что индексы адаптации (А), интегрального показателя здоровья (ИП), высокочастотной компоненты спектрального диапазона СР (HF) возрастают при возрастании длительности R-R интервала. Однако при этом возрастает ситуативная (СТ) и личностная (ЛТ) тревожность, а также снижается самочувствие (С) и активность (Акт) [21]. Кроме того, обнаружено, что психофизиологическое состояние организма, в значительной мере, определяется гемодинамикой, выраженной, в частности, через артериальное давление и ЧСС [22]. А такие показатели, как артериальное давление, ЧСС, САН, СТ и ЛТ находятся, в определенной мере, под «контролем» гелиогеофизических агентов, которые могут модулировать функциональное состояние организма [22].

Таблица 2

Статистические характеристики психоэмоционального состояния детей (девочек и мальчиков) в начале и в конце периода отдыха, 2012 г.

Психоэмоциональные показатели	Девочки				
	M±m	Медиана	Min	Max	Ст. откл.
Самочувствие в начале смены	53.9±3.1	54.5	38.0	69.0	9.7
<b>Самочувствие в конце смены</b>	<b>51.9±5.2</b>	<b>52.0</b>	<b>24.0</b>	<b>70.0</b>	<b>15.6</b>
Активность в начале смены	42.9±3.3	41.0	30.0	65.0	10.6
<b>Активность в конце смены</b>	<b>46.6±3.6</b>	<b>45.0</b>	<b>32.0</b>	<b>65.0</b>	<b>10.76</b>
Настроение в начале смены	53.4±3.9	54.5	29.0	70.0	12.26
<b>Настроение в конце смены</b>	<b>49.9±5.2</b>	<b>55.0</b>	<b>20.0</b>	<b>69.0</b>	<b>15.5</b>
Реактивная тревожность в начале смены	39.2±4.2	37.0	23.0	65.0	12.5
<b>Реактивная тревожность в конце смены</b>	<b>41.8±4.2</b>	<b>42.0</b>	<b>24.0</b>	<b>62.0</b>	<b>11.9</b>
Личностная тревожность в начале смены	40.56±3.24	38.0	25.0	56.0	9.72
<b>Личностная тревожность в конце смены</b>	<b>45.88±4.18</b>	<b>47.5</b>	<b>30.0</b>	<b>63.0</b>	<b>11.84</b>
	Мальчики				
Самочувствие в начале смены	55.5±2.8	60.0	32.0	70.0	11.6
<b>Самочувствие в конце смены</b>	<b>54.6±2.8</b>	<b>56.0</b>	<b>31.0</b>	<b>70.0</b>	<b>11.4</b>
Активность в начале смены	48.5±2.6	51.0	27.0	61.0	10.6
<b>Активность в конце смены</b>	<b>47.2±2.4</b>	<b>51.0</b>	<b>31.0</b>	<b>61.0</b>	<b>9.8</b>
Настроение в начале смены	55.6±2.7	57.0	37.0	70.0	11.3
<b>Настроение в конце смены</b>	<b>54.2±2.4</b>	<b>59.0</b>	<b>37.0</b>	<b>70.0</b>	<b>10.0</b>
Реактивная тревожность в начале смены	36.8±2.5	37.0	22.0	58.0	10.4
<b>Реактивная тревожность в конце смены</b>	<b>41.3±3.2</b>	<b>44.0</b>	<b>20.0</b>	<b>56.0</b>	<b>11.5</b>
Личностная тревожность в начале смены	39.76±1.54	40.0	27	49	6.37
<b>Личностная тревожность в конце смены</b>	<b>40.54±2.15</b>	<b>42.0</b>	<b>30</b>	<b>51</b>	<b>7.75</b>

Таким образом, психоэмоциональное состояние находится, в определенной мере, в подчиненном положении по отношению к физиологическому, управляемому вариабельностью сердечного ритма, гемодинамикой, функциональным состоянием головного мозга [12]. Динамика же этих показателей модулируется геокосмическими агентами, наиболее важными из которых являются вариации геомагнитного поля и интенсивность космических лучей у поверхности Земли [1, 5, 6, 12–15, 23].

Для выявления вклада вариаций геофизических агентов в психофизиологическое состояние детей Заполярья в периоды отдыха в средних широтах была оценена теснота связи между функциональным состоянием организма детей в 2011 и 2012 гг., индексами геомагнитной активности и интенсивностью нуклонной компоненты космических лучей (КЛ) у поверхности Земли.

#### *Вклад вариаций геофизических агентов в модуляцию функционального состояния организма детей в 2011 и 2012 гг.*

Для выявления вклада вариаций геофизических агентов в психофизиологическое состояние детей в 2011 и в 2012 г.г. был проведен сравнительный анализ значений индексов геомагнитной активности (К-индекс) и интенсивности нуклонной компоненты КЛ у поверхности Земли (скорость нейтронного счета (НС) наземного нейтронного монитора на широте Москвы: 55°29' с.ш., 37°19' в.д.) в период отдыха детей в условиях высоких широт. Статистические характеристики значений индекса геомагнитной активности (К-индекс) и интенсивности нейтронов у поверхности Земли в периоды проведения исследований в 2011 и 2012 гг. представлены в табл. 3. Данные показывают, что средние значения индексов ГМА и скорости счета нейтронного монитора в 2011 и 2012 г. значимо ( $p < 0.05$ ) различаются между собой. Это означает, что воздействие «дозы» геофизических агентов на организм детей в 2011 и 2012 гг. было различным, что могло отразиться на их психофизиологическом и психоэмоциональном состоянии.

Таблица 3

Статистические характеристики значений индекса геомагнитной активности (К-индекс) и интенсивности нейтронов у поверхности Земли (нейтронный счет) на широте Москвы (.) в периоды проведения исследований в 2011 и 2012 гг.

Геофизические показатели	Годы	$M \pm m$	Минимум	Максимум	Дисперс.	Стд.откл.	$P$
К-индекс	2011	$2.13 \pm 0.19$	1.50	3.25	0.37	0.61	$p=0.0232$
	2012	$2.84 \pm 0.19$	1.50	5.00	0.63	0.79	
Нейтронный счет (НС)	2011	$9709 \pm 45$	9478	9988	20821	144	$p=0.0273$
	2012	$9508 \pm 59$	9137	10028	60782	246	

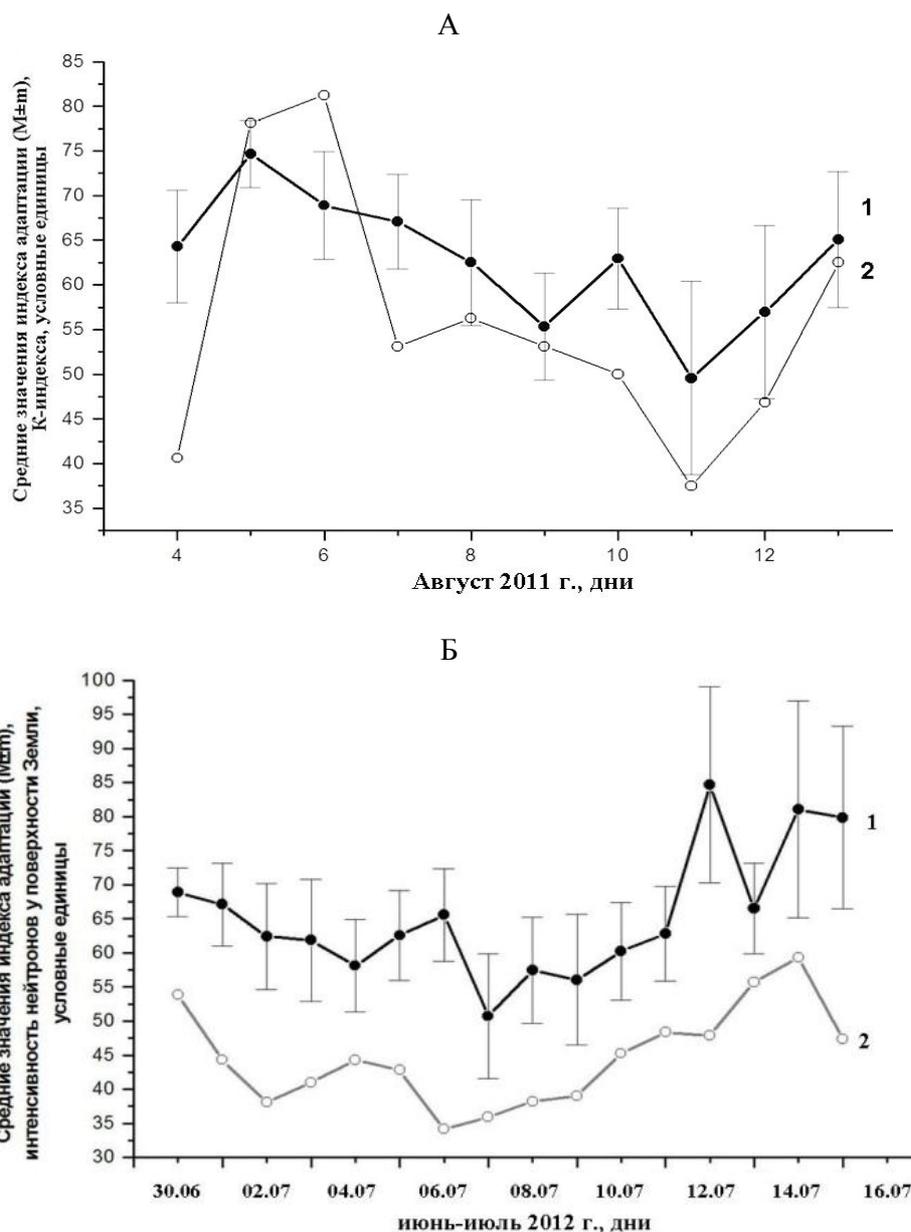


Рис. 4. Динамика среднесуточных значений показателей адаптации детей в 2011 (А, 1) и в 2012 (Б, 1) гг., вариаций индекса ГМА (К-индекса) (А, 2) и скорости счета нейтронного монитора (Б, 2). По оси абсцисс – даты исследований, по оси ординат – условные единицы

Анализ коэффициентов корреляции показателей психофизиологического состояния детей в исследуемые периоды с индексами ГМА и НС выявил, что в 2011 г. из 21 показателя психофизиологического состояния 16 имели значимые ( $p < 0.05$ ) коэффициенты корреляции с К-индексом и ни одной значимой связи с НС. Обратная картина обнаружилась в 2012 г. Из 21 показателя психофизиологического состояния 11 были значимо связаны с НС ( $p < 0.05$ ), и ни одной значимой связи не было обнаружено с К-индексом.

Примеры альтернативной связи показателей психофизиологического состояния детей с геофизическими агентами в 2011 и 2012 гг. приведены на рис. 4. Показана динамика среднесуточных значений показателей адаптации детей в 2011 г. и вариации индекса ГМА (К-индекса), коэффициент корреляции  $r = 0.80$ ,  $p < 0.05$  (рис. 4). На рис. 4 (Б) отражена динамика среднесуточных значений показателей адаптации детей в 2012 и вариации интенсивности нейтронов у поверхности Земли, коэффициент корреляции  $r = 0.63$ ,  $p < 0.05$ .

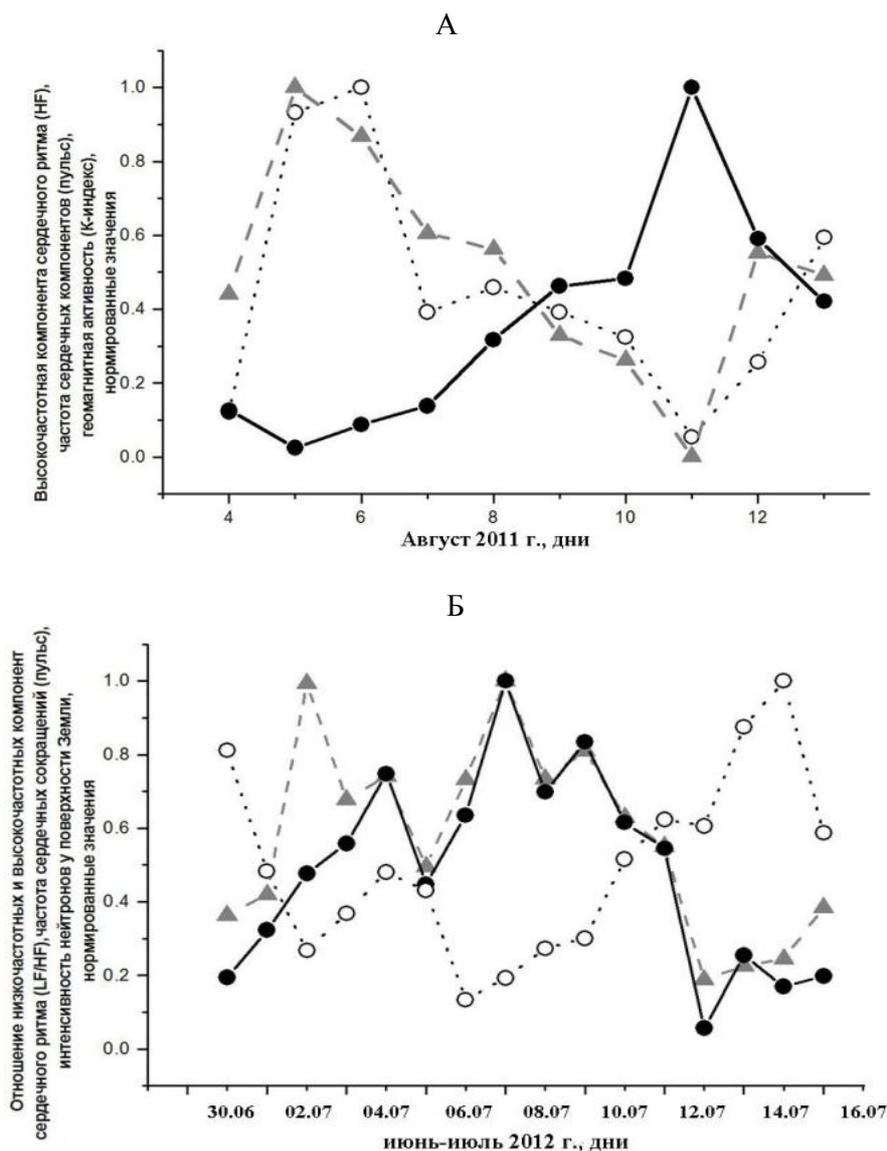


Рис. 5. Сопоставление связи параметров сердечного ритма с вариациями геофизических агентов в 2011 г. (А) и в 2012 г. (Б). А – среднесуточные значения частоты сердечных сокращений (сплошная линия), высокочастотная компонента сердечного ритма (HF) (штрихованная линия), среднесуточные значения К-индекса (пунктирная линия). Б – среднесуточные значения частоты сердечных сокращений (сплошная линия), частотных соотношений в спектральном диапазоне сердечного ритма (LF/HF) (штрихованная линия), среднесуточная скорость счета нейтронного монитора (пунктирная линия). По оси абсцисс – даты исследования, по оси ординат – условные единицы

Связь показателей, отражающих гемодинамику (ЧСС) и спектральный диапазон СР с вариациями геофизических агентов в 2011 и 2012 гг., приведена на рис. 5. Тесно связаны между собой показатели variability сердечного ритма у детей и вариации геофизических агентов. В 2011 г. (рис. 5, А) динамика среднесуточных значений частоты сердечных сокращений (ЧСС – пульс) имела обратную корреляцию ( $r = -0.64$ ,  $p < 0.05$ ), а высокочастотной компоненты СР (HF) – прямую ( $r = 0.85$ ,  $p < 0.05$ ) корреляцию с К-индексом. В 2012 г. (рис. 5, Б) динамика среднесуточных значений частоты сердечных сокращений, так же как и показатель соотношения частот в спектральном диапазоне СР (LF/HF), были значимо связаны обратной корреляцией с вариациями интенсивности нейтронной компоненты КЛ у поверхности Земли ( $r = -0.74$ ,  $r = -0.84$  соответственно,  $p < 0.05$ ).

Представленные результаты ясно показывают, что психофизиологическое и психоэмоциональное состояние детей модулируются вариациями геофизических агентов, причем вклад отдельных компонент геофизических агентов в модуляцию психофизиологического состояния организма различается в разные годы [8, 15, 16]. В 2011 г. состояние организма преимущественно модулируется вариациями ГМП, а в 2012 г. – интенсивностью нуклонной компоненты КЛ.

Исследование вклада вариаций геокосмических агентов в функциональное состояние организма показало, что оно модулируется кооперативным воздействием вариаций ГМП и КЛ, посредством «дозового» соотношения воздействий [15, 23, 24]. Если сопоставить между собой значения К-индекса и скорости нейтронного счета в исследуемый период в 2011 и 2012 гг. (табл. 3), то можно видеть, что в 2011 г. ГМА была ниже, а интенсивность нейтронов выше, чем в 2012 г. Т.е. «кооперативные эффекты» воздействия вариаций ГМП и интенсивности КЛ на организм, а также их «дозовые соотношения» в 2011 и в 2012 гг. были различны. Отсюда, вероятно, и различный характер связи показателей адаптации организма детей к средним широтам с вариациями геофизических агентов в годы с разным уровнем геомагнитной активности. Несмотря на то, что в вопросе «дозового» воздействия геофизических агентов на организм человека остается много неясного, тем не менее очевидно, что организм детей Заполярья проявляет высокую степень чувствительности к вариациям геофизических агентов при перемещении в более южные широты. Поэтому на вопросы, заданные выше, можно ответить, что снижение функциональных особенностей организма и психоэмоционального состояния в период отдыха связаны с напряжением механизмов адаптации к новым климатогеографическим условиям, повышающим чувствительность организма к климатическим и геофизическим воздействиям.

Высокая психофизиологическая и психоэмоциональная лабильность организма детей Севера и зависимость функционального состояния организма от вариаций геофизических агентов свидетельствует о высокой степени уязвимости здоровья детей при смене широтных и климатогеографических поясов. И в силу того, что длительность достижения оптимальной адаптации у детей носит индивидуальный характер, можно предположить, что отдых детей Заполярья в средних широтах должен быть более продолжительным, чем одна смена.

## **Выводы**

Оценка психофизиологического и психоэмоционального состояния детей, проживающих в высоких широтах, к условиям средних широт показала, что у 47% детей процесс адаптации происходит удовлетворительно при минимальном напряжении систем регуляции сердечного ритма. У 53% детей адаптация организма к условиям среды обеспечивается более высоким, чем в норме, напряжением регуляторных систем сердечного ритма с вовлечением дополнительных функциональных резервов сердечно-сосудистой системы, или совсем не происходит. Психоэмоциональное состояние к концу отдыха характеризуется снижением самочувствия, настроения и повышением уровня личностной и ситуационной тревожности. Показана высокая психофизиологическая и психоэмоциональная зависимость состояния организма детей от вариаций геофизических агентов, в том числе от «дозового» соотношения вариаций ГМП и КЛ. Можно предположить, что дети Заполярья сенсibilизированы к вариациям условий среды в силу проживания на Севере, где их организм подвергается частым и интенсивным воздействиям со стороны геофизических агентов, характерных для условий высоких широт. Поэтому смена

климатогеографического пояса и изменение «дозы» геофизических воздействий при перемещении с Севера на юг, вероятно, воспринимаются организмом детей как дополнительная нагрузка (стресс-фактор), для адаптации к которой требуется более длительное время пребывания в условиях средних широт.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Белишева Н.К.* Медико-биологические исследования на Шпицбергене как действенный подход для изучения биоэффективности космической погоды / *Н.К. Белишева и др.* // Вестник КНЦ РАН. 2010. № 1. С. 26-33.
2. *Бобров Н.И.* Физиолого-гигиенические аспекты акклиматизации человека на Севере / *Н.И. Бобров, О.П. Ломов, В.П. Тихомиров.* Л.: Медицина, 1979. 184 с.
3. *Шеповальников В.Н.* Метеочувствительность человека / *В.Н. Шеповальников, С.И. Сороко;* отв. ред. д.мед.н., проф. В.А. Яковлев. Бишкек: «Илим», 1992. 247 с.
4. *Деряпа Н.Р.* Адаптация человека в полярных районах Земли / *Н.Р. Деряпа, И.Ф. Рябинин.* Л.: Медицина, 1977. 296 с.
5. *Белишева Н.К.* Исследование роли гелиогеофизических и метеорологических факторов в изменчивости variability сердечного ритма у различных категорий населения на Севере / *Н.К. Белишева, С.А. Черноус* // Север – 2003: Проблемы и решения: сб. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. С. 43–51.
6. Изучение зависимости функционального состояния организма человека от глобальных и локальных вариаций геокосмических агентов в условиях Заполярья / *Н.К. Белишева и др.* // Научное обеспечение развития технобиосферы Заполярья: база знаний и пакет инновационных предложений [электронный ресурс] / отв. ред. А.Н. Виноградов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). С. 23–54.
7. Эндокринная система и обмен веществ у человека на Севере / *А.В. Ткачев и др.;* отв. ред. акад. М.П. Рощевский. Сыктывкар, 1992. 155 с.
8. *Белишева Н.К.* Вклад высокоширотных гелиогеофизических агентов в картину заболеваемости населения Мурманской области / *Н.К. Белишева, Л.В. Талыкова, Н.А. Мельник* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, №1(8). С. 1831–1836.
9. *Гора Е.П.* Экологическая физиология человека: в 2-х т. М.: ИНФРА-М, 1999.
10. *Belisheva N.K.* The effects of cosmic rays on biological systems – an investigation during GLE events / *N.K. Belisheva et. al.* // *Astrophys. SpaceSci. Trans.* 2012. Vol. 8. P. 7–17.
11. *Белишева Н.К.* Эффекты солнечных протонных событий в распространенности врожденных пороков развития у детей / *Н.К. Белишева, Л.В. Талыкова* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14., № 5(2). С. 323–325.
12. Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека / *Н.К. Белишева и др.* // Биофизика. 1995. Вып. 5. С. 1005–1012.
13. *Белишева Н.К.* Значение вариаций геомагнитного поля для функционального состояния организма человека в высоких широтах / *Н.К. Белишева, С.А. Конрадов* // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1/2. С. 44–52.
14. *Belisheva N.K. et.al.* Impact of the High Latitude Geomagnetic Field Variations on the Human Cardiovascular System / *Proceeding of an International Scientific Workshop: Space Weather Effects on biological System and Human Health held in Moscow, Russia* / *Belisheva N.K., Konradov A.A., I.N. Janvareva;* eds. O.Yu. Atkov, Yu.I. Gurfinkel. Moscow, 2006. P. 86–87.
15. *Белишева Н.К.* Кооперативное воздействие вариаций геомагнитного поля и космических лучей на состояние сердечно-сосудистой системы человека на Севере // Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар; С. Петербург: Политехника-сервис, 2009. С. 48–57.
16. Психо-физиологическое состояние подростков на Севере в условиях минимума солнечной активности / *Д.А. Петрашова и др.* // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера. Сыктывкар: УрО РАН, 2012. С. 83–89.
17. *Келлер А.А.* Медицинская экология / *А.А. Келлер, В.И. Кувакин.* СПб.: Петроградский и К°, 1998. 256 с.
18. *Баевский Р.М.* Введение в донозологическую диагностику / *Р.М. Баевский, А.П. Барсенева.* М.: Слово, 2008. 220 с.
19. Практическая психодиагностика. Методы и тесты: уч. пос. / под ред. Д.Я. Райгородский. Самара: Бахрах-М, 2001.
20. Адаптация подростков Заполярья к условиям средних широт (Воронежская область) / *А.А. Мартынова и др.* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14., № 5(2). С. 391–393.
21. *Pryanichnikov S.V.* Psychophysiological effects of heliogeophysical agent / *S.V. Pryanichnikov et. al.* // 36<sup>th</sup> Annual Seminar Physics of Auroral Phenomena. Apatity. 2013. P. 73–74.
22. *Martynova A.A.* The interrelationship of the physiological parameters and effects of heliogeophysical agents / *A.A. Martynova et. al.* // 36<sup>th</sup> Annual Seminar Physics of Auroral Phenomena. Apatity, 2013. P. 71–72.
23. Cooperative influence of geocosmical agents on human organism / *N.K. Belisheva et. al.* // *Physics of Auroral Phenomena;* eds. I.V. Golovchanskaya, N.V. Semenova. Apatity, 2007. P. 221–224.
24. *Белишева Н.К.* Эндогенная и экзогенная причинность заболеваемости на Севере // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера. Сыктывкар: УрО РАН, 2012. С. 73–83.

#### Сведения об авторах

*Мартынова Алла Александровна* – к.б.н, научный сотрудник; e-mail: [martynovaalla@yandex.ru](mailto:martynovaalla@yandex.ru)

*Пряничников Сергей Васильевич* –техник; e-mail: [prjanik.75@mail.ru](mailto:prjanik.75@mail.ru)

*Пожарская Виктория Викторовна* – к.б.н., старший лаборант; e-mail: [vika\\_pozharskaja@mail.ru](mailto:vika_pozharskaja@mail.ru)

*Белишева Наталья Константиновна* – д.б.н., чл.-корр. МАНЭБ, рук. отдела;

e-mail: [natalybelisheva@mail.ru](mailto:natalybelisheva@mail.ru)